

JAHRESBERICHT 2011

Versuchsanstalt für Wasserbau,
Hydrologie und Glaziologie
der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

Direktor: Prof. Dr. Robert Boes

Hausanschrift:

Gloriastrasse 37-39
8006 Zürich

Postadresse:

ETH Zürich
VAW
8092 Zürich

Telefon: (+41) 44 632 4091
Telefax: (+41) 44 632 1192
E-Mail: info@vaw.baug.ethz.ch
Internet: <http://www.vaw.ethz.ch>

Vorwort

Anhand dieses Jahresberichts möchten wir Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, gerne wieder einen Überblick über die vielfältigen Aktivitäten in Lehre, Forschung und Dienstleistungen an unserem Institut geben.

Das erfreulicherweise seit einigen Jahren steigende Interesse junger Menschen an Bau- und Umweltingenieurwissenschaften hat mit über 300 Neueinschreibungen wiederum zu einem Rekordwert an Erstsemestrigen am D-BAUG der ETH Zürich geführt. Dies spüren wir mittlerweile mehr und mehr auch im Wasserbau, der im Wesentlichen erst ab dem 6. BSc-Semester auf dem Lehrplan steht. So konnten wir beispielsweise im vergangenen Jahr allein 25 Masterarbeiten an der Professur für Wasserbau verzeichnen.

Neben vier erfolgreich abgeschlossenen Dissertationen waren in 2011 weitere zwölf Doktorarbeiten an der VAW in Bearbeitung, die allesamt mit Forschungsaufträgen aus der Industrie, der eidgenössischen Verwaltung oder von einschlägigen Forschungsförderungsinstitutionen wie dem Schweizerischen Nationalfonds unterstützt werden.

Daneben konnten wir erneut interessante Aufträge aus dem In- und Ausland akquirieren, beispielsweise zur hydraulischen Überprüfung und Optimierung von Nebenanlagen an grossen Talsperren in Äthiopien und Schweden, zur Entlüftungsproblematik an einem im Bau befindlichen Pumpspeicherkraftwerk am Genfersee sowie zu flussbaulichen Aspekten im Zug von Hochwasserschutzmassnahmen an der Sihl (ZH), der Kleinen Schliere (OW) und am Zusammenfluss von Kleiner Emme und Reuss (LU).

Im Jahr 2011 wurden gleich mehrere Tagungen, Symposien und Kolloquien von der VAW (co-)organisiert, nämlich anlässlich der runden Geburtstage unseres ehemaligen Mitarbeiters, Prof. Hutter (70), und Prof. Hagers (60) sowie im Rahmen des 79. Jahrestreffens der *International Commission on Large Dams* (ICOLD), zu dem über 1'000 Teilnehmer aus 76 Ländern in Luzern zusammenkamen.

Auf reges Interesse stösst weiterhin auch die Möglichkeit zur Besichtigung unserer Versuchsanlagen, die im letzten Jahr weit über 700 Fachleute und Laien anzogen, nicht zuletzt die Mitarbeitenden des Staatssekretariats für Bildung und Forschung aus Bern anlässlich ihres Jahresausflugs.

Eine weitere Besonderheit des abgelaufenen Jahres war der Baubeginn unserer neuen Versuchshalle auf dem Campus Höggerberg im Herbst. Die beachtlich grosse Baugrube ist mittlerweile weitgehend fertiggestellt, und die offizielle Grundsteinlegung findet noch diesen Monat statt.

Ich möchte an dieser Stelle unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern für das grosse Engagement und ihren Einsatz im vergangenen Jahr herzlich danken. Abschliessend gebührt mein Dank auch allen Kunden und Auftraggebern für das uns entgegen gebrachte Vertrauen.

Zürich, im März 2012

Prof. Dr. Robert Boes, Direktor

INHALT

1.	Forschung	7
1.1	Hydraulik	7
1.2	Konstruktiver Wasserbau	15
1.3	Flussbau	26
1.4	Angewandte Numerik	35
1.5	Glaziologie	44
2.	Lehre	51
2.1	Professur für Wasserbau und affilierte Lehraufträge	51
2.2	Lehraufträge für Glaziologie an der ETH Zürich	59
3.	Veranstaltungen mit der VAW	61
3.1	Internationale Konferenz zu Ehren von Prof. Dr. Kolumban Hutter	61
3.2	Treffpunkt Science City "Wasser – Energiequelle und Bedrohung"	61
3.3	ICOLD Annual Meeting 2011	62
3.4	Kolloquium "Wasserbau, Hydraulik, Hydrologie"	62
3.5	Besuche und Führungen	63
3.6	Öffentliche Kolloquien	65
3.7	Seminar für Doktorierende	66
3.8	Fachgespräche Glaziologie	67
3.9	VAW-Ausflüge	68
4.	Personelles	69

ANHANG

A.1	Grundlagenforschung	71
A.2	Angewandte Forschung	72
A.3	Kommissions- und Expertentätigkeit, Mitgliedschaften, Gutachtertätigkeit	75
A.4	Publikationen	78
A.5	Die VAW in den Medien	82
A.6	Vorträge	84
A.7	Organigramm der VAW	89

1. FORSCHUNG

1.1 Hydraulik

Hydraulik von Deichbrüchen

Forschungsprojekt: Schweizerischer Nationalfonds (SNF)
Projektleiter: Prof. Dr. Willi H. Hager
Doktorand: Lukas Schmocker

Während grossen Hochwasserereignissen sind in den letzten Jahren vermehrt Deichbrüche aufgetreten – einerseits aufgrund der immer höheren Abflüsse, andererseits da die Ausbesserung von bestehenden Deichen aufwändig ist oder der Unterhalt vernachlässigt wurde. Vor allem Erddeiche entlang von Fließgewässern versagen grösstenteils infolge Überströmung. Um Gefahrenkarten und Überflutungsszenarien zu definieren und entsprechende Evakuierungsszenarien zu planen, müssen hydraulische Angaben über den Ablauf eines Deichbruchs bekannt sein. Von speziellem Interesse sind dabei die Deichbruchprofile, um den Durchfluss während eines Deichbruchs abzuschätzen.

Deshalb wurde an der VAW mittels hydraulischer Modellversuche und deren physikalischer Analyse der Deichbruch in seinen Grundzügen analysiert. Die Resultate sollen zum Verständnis des Deichbruchs beitragen sowie Ansätze zu dessen zeitlichen und örtlichen Entwicklungen liefern. Unterschieden wird dabei zwischen einer rein ebenen, zwei-dimensionalen, und der dreidimensionalen Deicherosion. Während für den ebenen Fall die Bruchprofile mittels einer Kamera optisch durch die Kanalscheibe aufgezeichnet werden, wird für die Aufzeichnung der 3D-Erosionsprofile ein neues videometrisches Messsystem der AICON 3D Systems GmbH eingesetzt (www.aicon.de).

In ebenen Deichbruchversuchen wurden der Einfluss des Korndurchmessers und kohäsive Effekte auf den Bruchvorgang sowie auf den Breschdurchfluss untersucht. In der Anfangsphase, kurz nach der Überströmung, erodiert der Deich schneller, je grösser der Korndurchmesser ist.

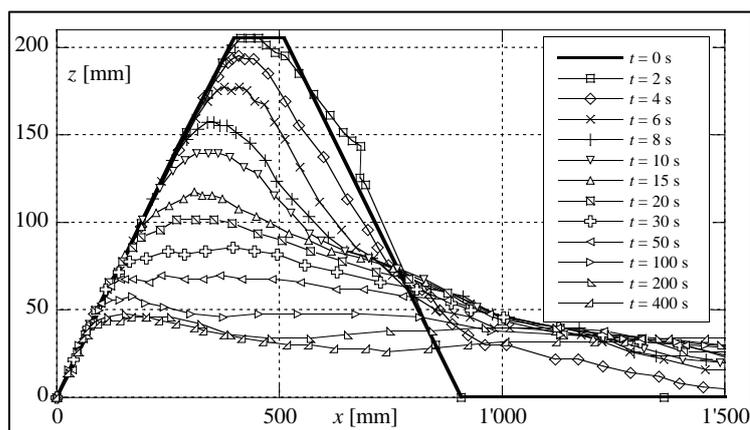


Abb. 1: Deichbruchprofile $z(x)$ zu verschiedenen Zeiten t

Die Deichbruchprofile sind einerseits vom konstanten Zufluss, andererseits von den kohäsiven Effekten des Sediments abhängig. Für nicht-kohäsives Sediment bildet sich für kleine Zuflüsse ein eher dreieckiges Bruchprofil, für grosse Zuflüsse das typisch gerundete

Aufgrund des groben Materials und der erhöhten Sättigung gleiten Teile der Böschung ab. Mit fortschreitender Zeit wird die Deicherosion massgeblich durch Sedimenttransport und somit durch den Bewegungsbeginn des vorhandenen Sediments bestimmt. Somit verlangsamt sich der Erosionsprozess für das gröbere Material.

Bruchprofil. Für kohäsives Sediment bricht der Deich infolge einer kontinuierlichen Rückwärtserosion. Abb. 1 zeigt typische Deichbruchprofile für den ebenen Deichbruch infolge Überströmung.

Zur Bestimmung des räumlichen Deichbruchs erlaubt das AICON-Messsystem die berührungslose, räumliche Vermessung der Sohlenstrukturen. Dazu wird mittels eines leistungsstarken Diaprojektors eine Rastertextur auf die Modellsohle projiziert. Die Modellsohle über, sowie die Sohlenstrukturen unter der Wasseroberfläche, reflektieren ein verzerrtes Raster, welches mittels drei Videokameras aus unterschiedlichen Richtungen aufgezeichnet wird. Über räumliche Triangulations-Verfahren kann die Lage jedes Rasterpunkts im Raum bestimmt werden. Somit lassen sich die dreidimensionalen Bruchprofile direkt aus den einzelnen Rasterpunkten ermitteln. Abb. 2 zeigt einen räumlichen Deichbruch nach erfolgter Erosion und Absenkung des Reservoirs.

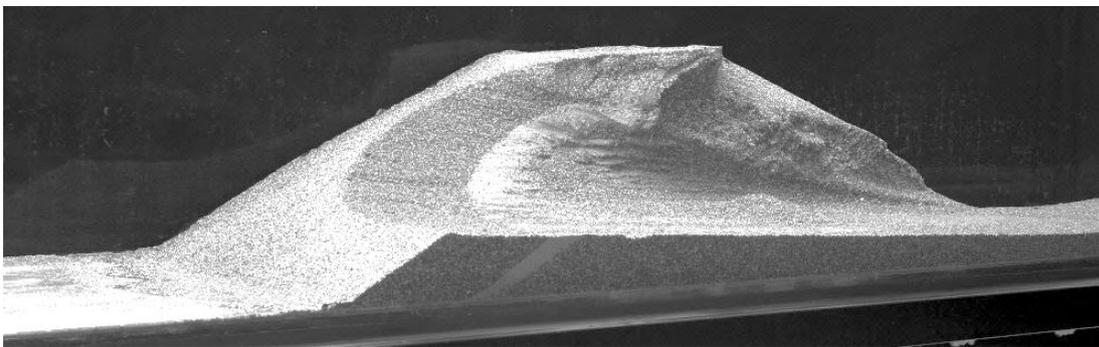


Abb. 2: Dreidimensionales Deichbruchprofil

Abfluss über rundkroniges Wehr

Forschungsprojekt: VAW
Projektleiter: Lukas Schmocker
 Prof. Dr. Willi H. Hager
Sachbearbeiterin: Berglind R. Halldórsdóttir

Rundkronige Wehre werden vor allem für die Durchflussmessung gebraucht, da sie einfach zu bauen sind und einen stabilen Abflusszustand gewährleisten. Das Wehr wird meist mit einem Kronenradius R gebaut, wobei die Schwelle im Oberwasser senkrecht angeordnet wird und die Unterwasserschwelle um 45° geneigt ist. Der Durchfluss über das rundkronige Wehr kann mit der Überfallformel bestimmt werden zu

$$Q = C_d b (2gH_o^3)^{1/2}$$

Dabei bedeuten: b = Überfallbreite, g = Erdbeschleunigung, und H_o = Energiehöhe im Oberwasser mit h_o = Überfallhöhe und w = Wehrhöhe. Der Durchflussbeiwert C_d ist dabei primär von der Profilform abhängig und für verschiedene Profilformen bereits untersucht worden. Für ein rundkroniges Wehr mit beliebigen Ober- und Unterwasserwinkel ist der Überfallbeiwert jedoch unbekannt. Deshalb wurde an der VAW mittels systematischer Modellversuche der Einfluss dieser beiden Winkel auf den Durchfluss untersucht.

Dazu wurden zehn verschiedene Wehrkonfigurationen im Modell getestet. Der Winkel beider Wehrschwelle wurde zwischen 0° und 90° variiert und jeweils für vier verschiedene Überfallhöhen die Durchflusskoeffizienten bestimmt. Abb. 3 zeigt beispielhaft das rundkronige Wehr mit einer Neigung der Ober- sowie der Unterwasserseite von $\alpha_o = \alpha_d = 45^\circ$ und einer Überfallhöhe von $h_o = 0.20$ m. Die Resultate zeigen, dass vor allem der Wehrradius sowie die Neigung der Unterwasserseite Einfluss besitzen. Der Überfallbeiwert steigt, je grösser der Winkel der Unterwasserseite wird. Der höchste Überfallbeiwert resultiert für das rundkronige Wehr ohne geneigte Wehrschwelle, also für $\alpha_o = \alpha_d = 90^\circ$, da dann die Stromlinien maximal gekrümmt werden und so die Geschwindigkeit in Kronennähe erhöht wird.

Für das rundkronige Wehr mit geneigten Wehrschwelle folgt nach Normierung aller Versuchsergebnisse als Durchflusskoeffizient

$$C_d = \frac{2}{3\sqrt{3}} \left(1 + \frac{3\rho_k'}{11 + \Omega\rho_k'} \right)$$

mit

$$\rho_k' = \frac{H_o}{R} \left(\frac{\alpha_o + 2\alpha_d}{270^\circ} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{und} \quad \Omega = 4.5$$

Der Term H_o/R beschreibt die relative Kronenkrümmung, während $[(\alpha_o + 2\alpha_d)/270^\circ]^{1/3}$ die Neigung der ober- und unterwasserseitigen Wehrschwelle berücksichtigt. Somit ist für eine beliebige rundkronige Wehrgeometrie der Durchflusskoeffizient bestimmbar.

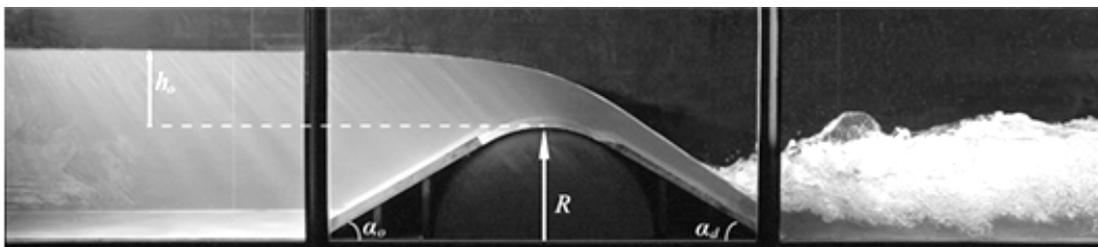


Abb. 3: Rundkroniges Wehr mit geneigten Wehrschwelle

Auflaufen von Impulswellen

Forschungsprojekt: Schweizerischer Nationalfonds (SNF)

Projektleiter: Prof. Dr. Willi H. Hager

Doktorand: Helge Fuchs

Impulswellen entstehen beispielsweise in Seen, Stauseen oder Ozeanen, wenn grosse Fels- oder Schneemassen in einen Wasserkörper eintauchen. Der auf das Wasser übertragene Impuls erzeugt eine Welle, die in ihrer Charakteristik als lange Flachwasserwelle der Ausbreitung von Tsunamis ähnlich ist und am Gegenufer grosse Schäden hervorrufen oder eine Talsperre überschwappen kann. Drei Doktorarbeiten wurden an der VAW bereits zur Generation und zu den Eigenschaften der Impulswellen in Abhängigkeit der Einfluss-

parameter durchgeführt. Als viertes, vom Schweizerischen Nationalfonds finanziertes Forschungsprojekt zu Impulswellen wird die nächste Phase, die Reaktion am gegenüberliegenden Ufer, gegenwärtig an der VAW untersucht.

So genannte Solitärwellen, also Einzelwellen ohne Wellental, werden mit einem Translations-Wellengenerator mit einer hohen Wiederholgenauigkeit erzeugt. Die Wellenhöhen H und Abflusstiefen d auf dem Ufer werden mittels Ultraschall-Distanz-Sensoren (UDS) aufgezeichnet (Abb. 4). Der Einfluss von Modelleffekten wurde mittels einer Modellfamilie mit drei geometrischen Massstäben λ untersucht. Mit der gemessenen Frontgeschwindigkeit v_f der Uferüberströmung und der maximalen Abflusstiefe auf dem Ufer d_{\max} wurden eine Grenz-Weberzahl sowie eine Grenz-Reynoldszahl definiert zu

$$W_f = v_f / (\sigma / \rho d_{\max})^{1/2} = 10 \text{ bzw. } R_f = (v_f d_{\max}) / \nu = 6300,$$

unter deren Beachtung sich Massstabseffekte vernachlässigen lassen.

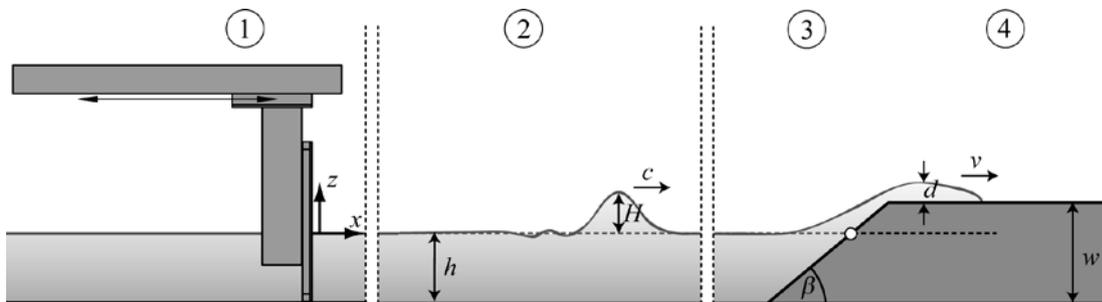


Abb. 4: Versuchsaufbau schematisch mit Bereichen

① Wellen-Generation, ② -Propagation, ③ -Auflaufen und ④ Uferüberströmung

Gegenwärtig werden die Hauptuntersuchungen unter Variation der Parameter Ruhewassertiefe, Wellenhöhe und Uferneigung sowie dem Verhältnis von Ruhewassertiefe zur Uferhöhe durchgeführt. Dabei werden zusätzlich die Geschwindigkeitsfelder während des Überströmprozesses mit einem Particle-Image-Velocimetry (PIV) System aufgezeichnet (Abb. 5). Im Gegensatz zu den UDS-Messungen erlaubt dies nicht nur die Erfassung von Frontgeschwindigkeit v_f und Abflusstiefe d , sondern auch der Geschwindigkeitsverteilung innerhalb der Überströmung.

Die Solitärwelle erreicht in Abb. 5a das Ufer. Am Schnittpunkt von Ruhewasserspiegel und Uferböschung ist das Wasser dabei noch in Ruhe. Die Partikel innerhalb der Welle beschreiben hier noch ihre charakteristische Orbitalbewegung. Beim Auflaufvorgang kommt es durch die abnehmende Ruhewassertiefe zu einer Konzentration der Wellenenergie, es formiert sich eine uferseitig gerichtete Strömung mit horizontaler Partikelbewegung. An der Wellenfront ist die Bewegungsrichtung noch immer uferparallel (Abb. 5b).

Aus Abb. 5c ist praktisch keine Wellenbewegung mehr erkennbar, da beinahe alle Vektoren horizontal sind. Die Strömungsfront, charakterisiert durch hohe relative Partikelgeschwindigkeiten $v_f/c \approx 0.8$, hat die horizontale Überströmebene erreicht; hierbei bedeutet $c = \sqrt{g \cdot h}$ die Wellengeschwindigkeit. Potentielle Energie aus dem Wellenberg

wird hier in kinetische Strömungsenergie umgewandelt, die Strömung wird mit zunehmender Propagation der Front beschleunigt. Die grössten Partikelgeschwindigkeiten treten dabei stets an der Strömungsfront auf. In Abb. 5d beträgt diese bereits $v_f/c \approx 0.9$ und nimmt bis $x/w = 6$ (nicht mehr abgebildet) auf $v_f/c \approx 1.0$ zu. Erst danach verringert sich die Frontgeschwindigkeit bedingt durch Energiedissipation wieder. Am Böschungsfuss bei $x/w \approx -1.5$ bildet sich eine Rückströmung. Die maximale Erhebung der Wasseroberfläche erreicht die horizontale Überströmebene nie, sondern sie befindet sich stets auf der vorgelagerten Uferböschung.

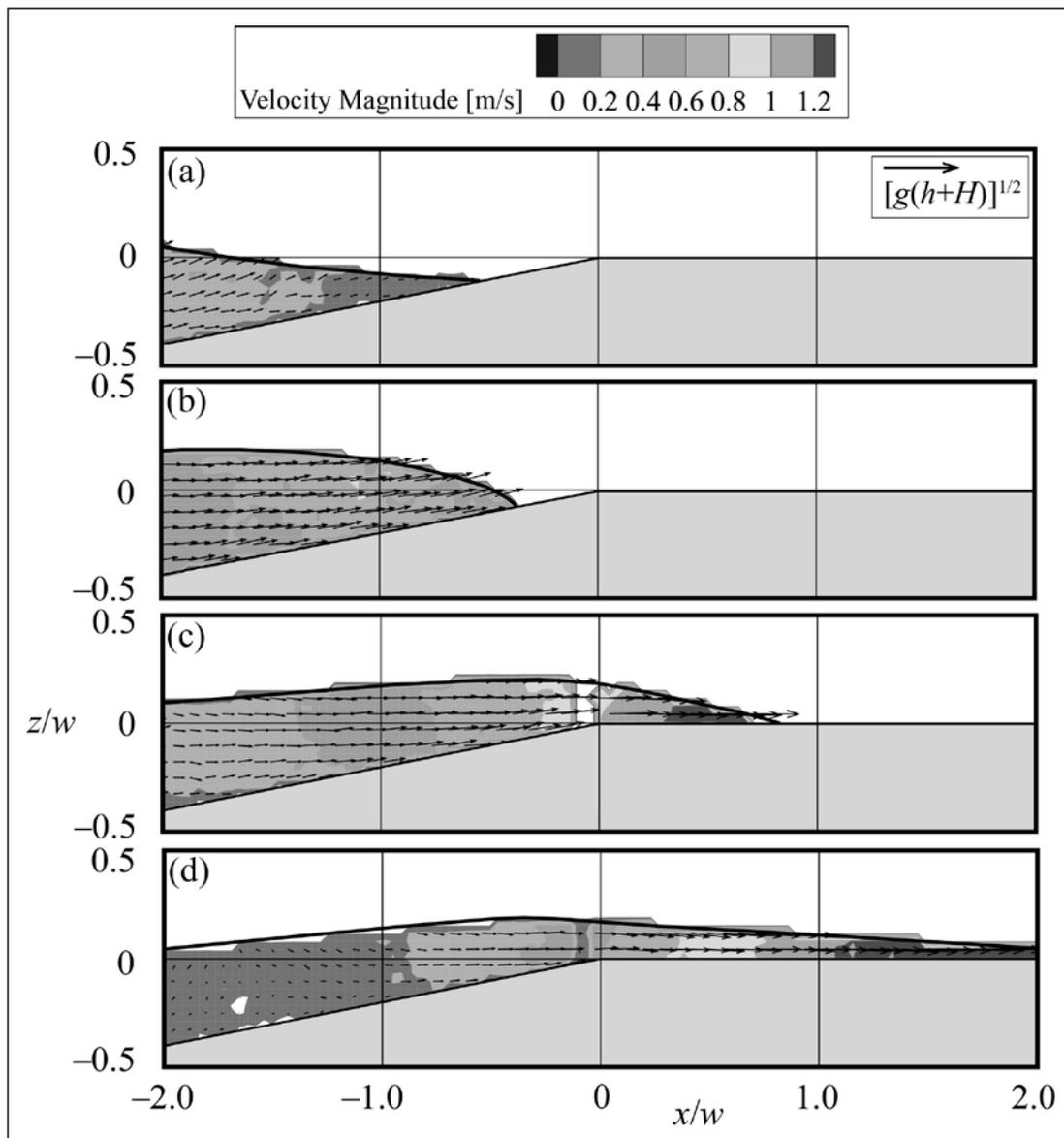


Abb. 5: Strömungsfeld beim Auflaufen einer Solitärwelle mit Ruhewassertiefe $h = 0.22$ m, relativer Wellenhöhe $H/h = 0.3$ und Uferneigung 1:5 (V:H), Zeitschritte zwischen Bildern $\Delta t = 0.27$ s

Lokal-variabler Abfluss unter Berücksichtigung der vertikalen Fließkomponenten

Forschungsprojekt: VAW

Projektleiter: Prof. Dr. Willi H. Hager

Sachbearbeiter: Dr. Oscar Castro-Orgaz (Cordoba, Spanien)

Lokal-variable Durchflüsse stellen sich etwa bei Sammelkanälen und Streichwehren ein. Die massgebenden Gleichungen zur Abflussbeschreibung wurden dabei um 1970 formuliert. Dabei wurde aber von den Flachwassergleichungen ausgegangen, und die Einflüsse von nicht-hydrostatischer Druckverteilung wurden vernachlässigt. Da diese Strömungen zum Teil eine beachtliche Stromlinienkrümmung aufweisen, sind jedoch die sogenannten Boussinesq-Effekte relevant. Das verallgemeinerte Gleichungssystem wurde mit experimentellen Daten hinsichtlich des Bodenauslasses getestet.

Die spezifische Stützkraft S und die Energiehöhe H eines Abflusses im Rechteckprofil lassen sich darstellen durch

$$S = \frac{h^2}{2} + \frac{q^2}{gh} \left(1 + \frac{hh'' - h'^2}{3} \right) \quad \text{und} \quad H = h + \frac{q^2}{2gh^2} \left(1 + \frac{2hh'' - h'^2}{3} \right),$$

mit h als Wassertiefe, $q = dQ/dx$ als Durchflussintensität, g als Erdbeschleunigung und $h' = dh/dx$ und $hh'' = d^2h/dx^2$ als 1. und 2. Ableitung des Oberflächenprofils $h(x)$, mit x als Längskoordinate. Für den verallgemeinerten Fall wird das massgebende Gleichungssystem beschrieben durch

$$S = \frac{h^2}{2} + \frac{q^2}{gh} \left(\beta + \frac{hh'' - h'^2 + (q'h/q)^2 - (q''h^2/q)}{3} \right)$$

und

$$H = h + \frac{q^2}{2gh^2} \left(\alpha + \frac{2hh'' - h'^2}{3} + \left(\frac{q'h}{q} \right)^2 - \frac{2}{3} \frac{q'hh'}{q} - \frac{2}{3} \frac{q''h^2}{q} \right).$$

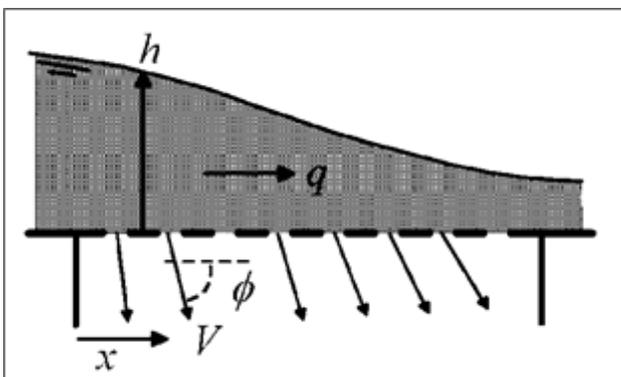


Abb. 6: Typischer Wasserspiegelverlauf bei Bodenauslass und schiessender Strömung

Es treten demnach Zusatzterme mit den 1. und 2. Ableitungen von q auf.

Kennt man das seitliche Zufluss- oder Ausflussverhalten, so wird damit das Gleichungssystem geschlossen. Die nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich auf den Bodenauslass (Abb. 6). Da die Energieverluste infolge konvergierender Stromlinien vernachlässigbar sind, gilt $H = H_0 = \text{const.}$

Mit der vereinfachten Ausflussgleichung

$$\frac{dq}{dx} = -C_d A (2gh)^{1/2}$$

lässt sich nun dieses Gleichungssystem lösen. Abb. 7 vergleicht die numerischen Resultate mit Messungen von Noseda am *Politecnico di Milano* aus den 1950er-Jahren, wobei der Ausflusskoeffizient zu $C_d = 0.90$ angesetzt wurde und die Ausflusslänge 0.90 m beträgt.

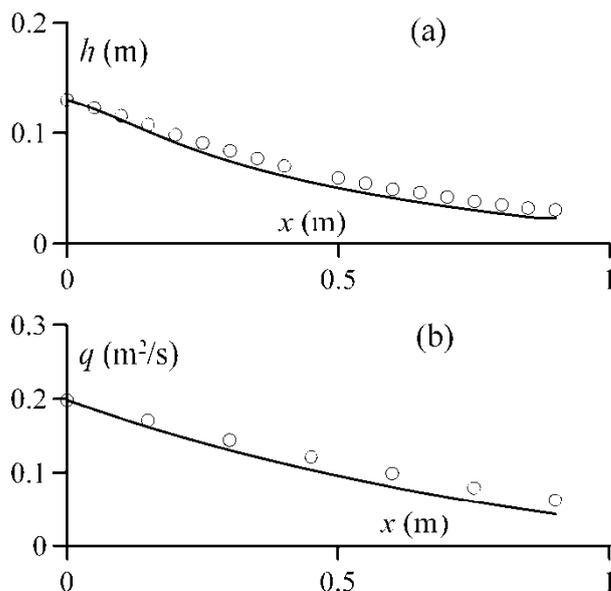


Abb. 7a zeigt den Vergleich zwischen berechnetem und gemessenem Oberflächenprofil $h(x)$ eines Versuchs von Noseda, während sich Abb. 7b auf den lokalen Verlauf der Durchfluss-Intensität $q(x)$ bezieht. Im Vergleich mit den heute vorhandenen Methoden ist das neue Verfahren besser. Dabei ist der Einfluss der Stromlinienkrümmung auf den Abflussprozess bei transkritischen Strömungen wichtig, so dass verallgemeinerte Boussinesq-Gleichungen anzuwenden sind.

Abb. 7: Vergleich von (O) Messung nach Noseda und (—) Rechnung mithilfe der verbesserten Strömungsgleichungen

Wilfried Noel Bond und die Bondzahl

Forschungsprojekt: VAW

Projektleiter: Prof. Dr. Willi H. Hager

Durch einen glücklichen Umstand hat der Verfasser eine Reihe von Dokumenten von Martin Bond, einem Enkel Wilfried Noel Bonds, erhalten. Wilfried Noel Bond wurde am 27. Dezember 1897 in St. Albans, Hertfordshire (UK) geboren und verstarb 40-jährig nach einer kurzen Krankheit am 25. August 1937 in Minehead (UK). Nach Studien der Physik am East London College, am Royal College of Science und an der University of London arbeitete er kurz in der Industrie und wurde dann 1921 an der University of Reading im Westen Londons als *Lecturer* in Physik verpflichtet. Er machte sich schnell einen Namen mit vorerst experimentellen Methoden zur Bestimmung der Viskosität und Oberflächenspannung von Fluiden. Seine Verfahren zeichnen sich durch Eleganz und Einfachheit aus. Später hat er auch eine Anzahl Berechnungsverfahren vorgestellt, um damit die Labor-Ergebnisse zu untermauern. Bond hat zudem drei Bücher verfasst, wobei sein 1925 publiziertes Buch *An introduction to fluid motion* hier hervorgehoben werden soll.

Die Bondzahl bezieht sich auf Tropfen und ist definiert zu

$$Bo = (g\rho)L^2/\sigma$$

Sie misst den Einfluss des Tropfengewichts im Vergleich zur Oberflächenspannung σ . Eine grosse Bondzahl bedeutet, dass der Tropfen nicht durch Oberflächenspannung beeinflusst ist, während kleine Bondzahlen von typisch $Bo < 1$ das Umgekehrte beinhalten. Die Bondzahl charakterisiert auch die Form von Flüssigkeitsblasen und -tropfen und stellt damit eine massgebende Zahl der Hydraulik dar. Abb. 8 zeigt zwei Fotografien von Dr. William Noel Bond.

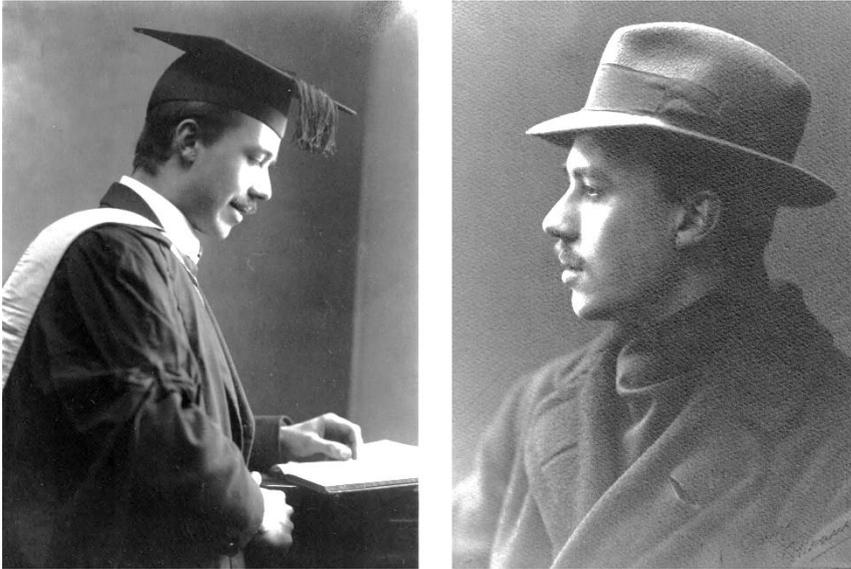


Abb. 8: Fotografien von Dr. William Noel Bond um (a) 1920, (b) 1925 (Courtesy Bond Family Archive)

1.2 Konstruktiver Wasserbau

Hongrin-Léman – Hydraulische Modellversuche zum Pumpspeicherkraftwerk Veytaux 2

Auftraggeber: Les Forces Motrices Hongrin-Léman SA
Projektleiter: Carl Robert Kriewitz
Sachbearbeiterin: Jill Lucas

Das Pumpspeicherkraftwerk *Hongrin-Léman* im Kanton Waadt nutzt den Stausee *Lac de l'Hongrin* als oberen und den *Lac Léman* als unteren Speicher. Um die Leistung zu erhöhen, beschloss der Betreiber des Kraftwerks, *Les Forces Motrices Hongrin-Léman SA*, den Bau einer zweiten Kraftwerkszentrale. Die zwei Maschinenblöcke der neuen Zentrale Veytaux 2 werden mit 240 MW die Leistung der gesamten Anlage verdoppeln.

Pumpspeicherwasserkraftwerke können neben der Stromproduktion auch zur Netzregulierung des über den Tagesverlauf schwankenden Strombedarfs beigezogen werden. Durch das Hochpumpen von Wasser aus einem unteren Speichersee in einen höher liegenden kann Strom in Form von potentieller Energie gespeichert werden (Stromabnahme aus dem Netz). Dieser wird in Zeiten erhöhter Nachfrage durch Turbinieren wiedergewonnen (Stromeinspeisung ins Netz). Diese Art der Energiespeicherung erlangt im Zusammenhang mit der vermehrten Nutzung anderer, stark fluktuierender erneuerbarer Energien zusehends an Bedeutung, da Solar- und Windenergie nicht steuerbar sind.

Das neue Kraftwerk soll im so genannten hydraulischen Kurzschluss betrieben werden können, d.h. Turbinen und Pumpen sind gleichzeitig in Betrieb. Dadurch kann die Stromabnahme aus dem Netz gesteuert werden. Die VAW wurde beauftragt, die daraus resultierenden, besonderen Anforderungen in einem hydraulischen Detailmodell zu untersuchen. Das Modell aus Acrylglas im Massstab 1:8.78 beinhaltet die beiden Turbinengehäuse, die Unterwasserkanäle und das Pumpsystem (Abb. 9). Folgende Prozesse werden untersucht:

- **Luftetrug und Luftbedarf im Turbinengehäuse:** Bei Peltonturbinen taucht das Laufrad nicht in das Unterwasser ein. Die Wasserstrahlen aus den Peltondüsen treffen auf die Becher des Laufrads und werden dort abgelenkt. Beim Aufprall der Wassertropfen auf das Wasserpolster unterhalb des Laufrads wird Luft in das Unterwasser eingetragen. Im Turbinengehäuse liegt ein Wasser-Luft-Gemisch vor, von Interesse ist u.a. die Schaumhöhe unter dem Laufrad.
- **Lufttransport im Unterwasserkanal:** Der Grossteil der eingetragenen Luftblasen steigt auf den ersten Metern des Unterwasserkanals an die Wasseroberfläche auf. Die restlichen Luftblasen werden im Unterwasserkanal mittransportiert und entgasen dort langsam an die freie Wasseroberfläche.
- **Luftaustrag:** Bei gleichzeitigem Turbinen- und Pumpbetrieb wird das Wasser nach dem Turbinieren direkt den Pumpen zugeführt. Um einen optimalen Wirkungsgrad der Turbinen zu gewährleisten, muss der komplette Austrag der Luftblasen bis zu den Pumpen hin sichergestellt sein. In diesem Zusammenhang sind u.a. auch lufteinziehende Wirbel über dem Vertikalschacht zu den Pumpen und die Wirkung von Entlüftungsanlagen zu beachten.

Mit der Untersuchung an der VAW werden der Lufteintrag an der Turbine simuliert, die Entgasungslänge im Unterwasserkanal bestimmt und ggf. Optimierungsmassnahmen entwickelt und auf ihre Wirksamkeit überprüft.

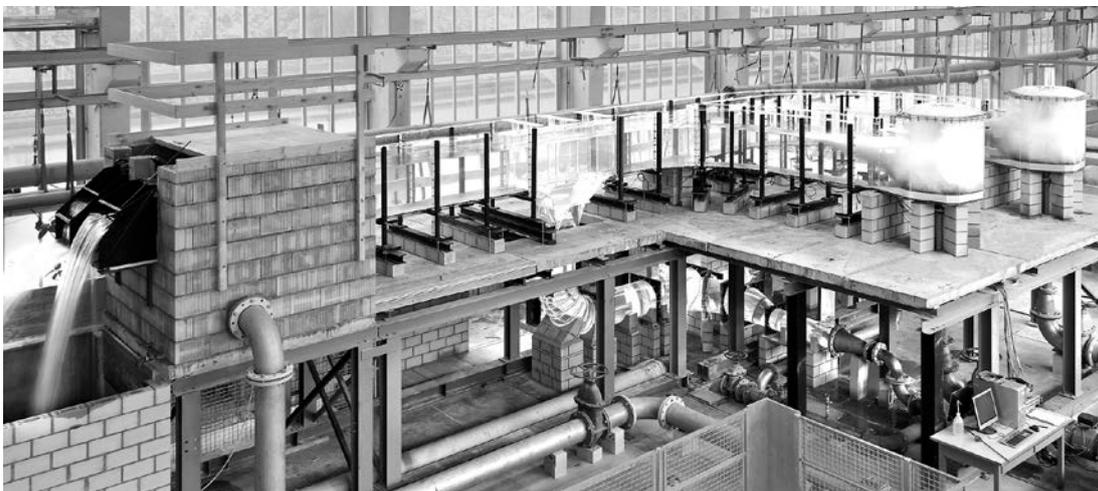


Abb. 9: Physikalisches Modell des Pumpspeicherkraftwerks Veytaux 2 im Massstab 1:8.78 an der VAW

Sedimente an Wasserkraftanlagen

A) Nachhaltige Speicherbewirtschaftung mittels Sedimentumleitstollen

B) Massnahmen zur Reduktion des Turbinenverschleisses

Für einen nachhaltigen und wirtschaftlichen Betrieb von Wasserkraftanlagen ist entscheidend, wie mit mineralischen Feststoffen, die in Form von Geschiebe und Schwebstoffen in natürlichen Fliessgewässern enthalten sind, umgegangen wird. Die entsprechenden Fragestellungen reichen vom Feststoff-Management einer Stauhaltung über die Bemessung von Entsandungsanlagen und Sedimentumleitstollen bis hin zu Massnahmen zur Reduktion von Abrasionsschäden an Turbinen, stahlwasserbaulichen Anlagen und Betonoberflächen. Diese Thematik rückt weltweit immer stärker in den Vordergrund, wobei auch Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts an durch Wasserkraftwerke beeinflussten Fliessgewässern gefordert werden.

Die VAW forscht interdisziplinär zusammen mit Partnern aus Bund und Industrie in diesem Bereich und nutzt Synergien mit bereits durchgeführten und laufenden Projekten. Zum Forschungsbereich A) *Nachhaltige Speicherbewirtschaftung mittels Sedimentumleitstollen* werden zwei Dissertationen, nämlich die Arbeiten A1) *Entwurf und Bemessung von Sedimentumleitstollen* und A2) *Optimierung verschleissfester Materialien an Sedimentumleitstollen und wasserbaulichen Anlagen* durchgeführt. Zum Forschungsbereich B) *Massnahmen zur Reduktion des Turbinenverschleisses* läuft zurzeit die Arbeit B1) *Schwebstoff-Monitoring und Verschleiss an Pelton-turbinen*. Nachfolgearbeiten sind angedacht. Die laufenden Forschungsarbeiten werden im Folgenden vorgestellt:

A) Nachhaltige Speicherbewirtschaftung mittels Sedimentumleitstollen

Dieser Forschungsbereich befasst sich mit Sedimentumleitstollen, die die Akkumulation von Sedimenten in einem Stausee signifikant zu vermindern vermögen. Bei Hochwasser wird der Umleitstollen geöffnet und das sedimenthaltige Wasser um die Talsperre herum in das Unterwasser geleitet. Auch aus ökologischer Sicht ist der Umleitstollen von grossem Vorteil, da er den natürlichen Geschiebetrieb des Flusssystem im Hochwasserfall wieder herstellt. Dennoch ist die Anzahl von Sedimentumleitstollen weltweit bis heute aufgrund hoher Investitions- und vor allem Unterhaltskosten begrenzt. Das grösste Problem aller existierenden Stollen ist die starke Abrasion der Sohle infolge der hohen Fliessgeschwindigkeiten von bis zu 15 m/s in Kombination mit einer grossen Sedimentfracht.

A1) Entwurf und Bemessung von Sedimentumleitstollen

Forschungsprojekt: *swisselectric research*
Bundesamt für Energie (BFE)
Projektleiter: **Prof. Dr. Robert Boes**
Betreuer: **Dr. Ismail Albayrak**
Doktorand: **Christian Auel**

Dieses Forschungsprojekt befasst sich mit der Dimensionierung von Sedimentumleitstollen und dient der Entwicklung neuer Konzepte für ein nachhaltiges Sedimentmanagement von Stauseen. Gestützt auf eine Analyse bisher ausgeführter Beispiele werden die für die hydraulisch-konstruktive Bemessung von Sedimentumleitstollen massgebenden Parameter und deren Grenzen ermittelt. Im Fokus der Untersuchung steht dabei die Minimierung des abrasiven Verschleisses im Stollen durch eine systematische Untersuchung und Optimierung von Durchfluss, Sedimentfracht, Längsgefälle, Fortbewegungsart des Sediments und Abrasionstiefe der Stollensohle. Mit Hilfe hydraulischer Modellversuche an der VAW soll dies detailliert untersucht, analysiert und Empfehlungen für den Entwurf und die Bemessung von Sedimentumleitstollen unter Berücksichtigung eines wirtschaftlichen Betriebs erarbeitet werden.

Im Jahr 2011 wurden die massgebenden Parameter anhand von Umfragen und Diskussionen mit den Sedimentumleitstollenbetreibern evaluiert und festgelegt. Zudem wurde ein grossskaliges hydraulisches Modell entworfen, gebaut und in Betrieb genommen. Die Versuchsrinne weist eine Länge von 14 m auf und ist 0.30 m breit (Abb. 10). Es können maximal 250 l/s Wasser mittels einer Pumpe durch die Rinne befördert werden (Nr. 1). Die Sedimentzugabe (maximal 1000 g/s) erfolgt mittels einer Dosiermaschine (Nr. 3). Die Fliessgeschwindigkeiten werden durch ein LDA-System (*Laser Doppler Anemometrie*) erfasst. Im Jahr 2012 werden systematische Versuchsreihen in der Laborrinne durchgeführt und jeweils die Parameter Durchfluss, Sedimentfracht und -korngrösse sowie Längsgefälle variiert. Zum einen wird mittels einer Hochgeschwindigkeitskamera (Nr. 2) der Transportprozess der einzelnen Sedimentkörner detailliert untersucht. Abhängig von deren Fortbewegungsart (schleifend, rollend, hüpfend, in Schwebe) variiert die Aufprallenergie auf die Stollensohle und somit der Grad der Abrasion. Zum anderen wird die Abrasion der Stollensohle infolge der Sedimentfracht mittels eines Distanzlasers (Nr. 4) aufgenommen. Die Sohle der Versuchsrinne besteht aus einem spröden Sand-Zement-Gemisch, das infolge des grossen Sedimenttransports in Kombination mit den hohen Fliessgeschwindigkeiten abradert wird.

Ziel der Versuchsreihen ist zum einen, ein vertieftes Prozessverständnis des Sedimenttransports auf hydraulisch glatten Sohlen bei hohen Fließgeschwindigkeiten zu erhalten. Zum anderen soll ein optimiertes hydraulisches Design zur Minimierung des Abrasionsmasses abgeleitet werden. Die im Zuge der Forschungsarbeit erzielten Ergebnisse sollen dazu beitragen, die hohen Unterhaltskosten infolge des abrasiven Verschleisses an der Sohle des Sedimentumleitstollens zukünftig massgeblich zu reduzieren.

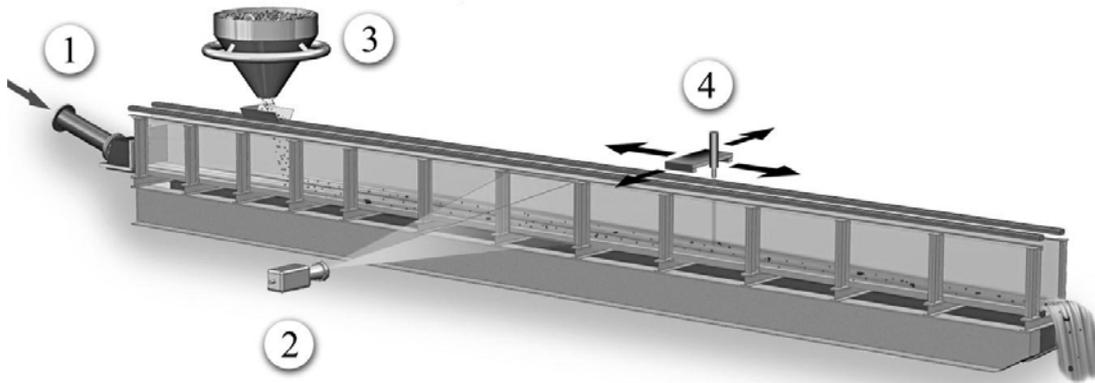


Abb. 10: Skizze des 14 m langen, 0.30 m breiten hydraulischen Modells. 1) Wasserzufluss, 2) Hochgeschwindigkeitskamera, 3) Sedimentdotiermaschine, 4) Distanzlaser

A2) Optimierung verschleissfester Materialien an Sedimentumleitstollen und wasserbaulichen Anlagen

Forschungsprojekt: *swisselectric research*

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz)

Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB)

Fondazione Lombardi Ingegneria

Bundesamt für Energie (BFE)

Projektleiter: Prof. Dr. Robert Boes

Betreuer: Dr. Ismail Albayrak

Doktorandin: Michelle Hagmann

Diese Forschungsarbeit befasst sich mit den materialtechnologischen Aspekten von Sedimentumleitstollen. Im Vordergrund stehen dabei Untersuchungen am Sedimentumleitstollen in Solis, der im Frühjahr 2012 vom ewz zur Entlandung des Stausees Solis in Betrieb gesetzt wird.

Zum Vergleich der Widerstandsfähigkeit verschiedener Materialien werden sechs Testfelder (4.4 breit, 10 m lang) an der Stollensohle mit Schmelzbasaltplatten, Stahlpanzerung und unterschiedlichen Betonen ausgekleidet. Die Oberflächen dieser Testfelder werden nach jedem Ereignis mittels Laserscanner vermessen, und der Materialabtrag wird ermittelt. So werden Rückschlüsse auf den Verschleisswiderstand der Materialien möglich. Die Messtechnik im Stollen erfasst Wasserspiegellagen und den Durchfluss. Für die Ermittlung der Sedimentfracht werden am Auslass acht Geophone über die gesamte Stollenbreite eingebaut. Diese messen kontinuierlich die Anzahl und

Intensität der durch auftreffende Steine verursachten Impulse und geben so Informationen über die Geschiebefracht. Trübungsmesssonden sind im Zufluss des Stausees, im Unterwasserkanal des Kraftwerks und knapp 20 m oberstrom der Geophonanlage installiert. Sie liefern Angaben über den Schwebstoffgehalt und lassen mit Hilfe eines empirisch ermittelten Verhältnisses von Geschiebe zu Schwebstofffracht Rückschlüsse auf die totale Sedimentfracht zu; damit dienen sie auch zur Kalibrierung der Geophonanlage. Die Zusammenhänge zwischen transportiertem Sediment, Abflusszustand, Materialeigenschaften und Abrasion werden aufgrund von Messungen am Umleitstollen Solis untersucht. Es ist angedacht, den Datensatz mit Messwerten von anderen Anlagen der Schweiz zu ergänzen (Abb. 11). Zudem wird das Originalsediment aus dem Speicher Solis auch in den Modellversuchen der Dissertation A1) verwendet, um durch einen Vergleich der Abrasionsprozesse am Prototyp und Modell Aussagen zu möglichen Massstabs- und Modelleffekten machen zu können.

Im Frühling 2012 werden die Testfelder und die Messinstrumente installiert und in Betrieb genommen, so dass während der Hochwasserperiode ab Mai bis in den Herbst erste Messungen und Auswertungen durchgeführt werden können. Die Messungen und Auswertungen werden über mehrere Jahre laufen. Der Betreiber ewz unterstützt das Forschungsprojekt nicht nur finanziell, sondern stellt der VAW Messdaten zur Verfügung und trägt mit Eigenleistungen in Form der Übernahme der Bauleitung und der Restrisiken massgeblich zum Projekt bei.

Ziel dieser interdisziplinären Forschungsarbeit ist es, Empfehlungen bezüglich Material, Einbaumethode, konstruktive Durchbildung und Geometrie für abrasionsresistente Auskleidungen abzugeben und damit einen Beitrag zur nachhaltigen, ökologischen, sicheren und kostengünstigen Bewirtschaftung von wasserbaulichen Anlagen zu leisten. Die TFB begleitet das Projekt als Berater im betontechnologischen Bereich und wird gemeinsam mit der VAW ein Symposium veranstalten.

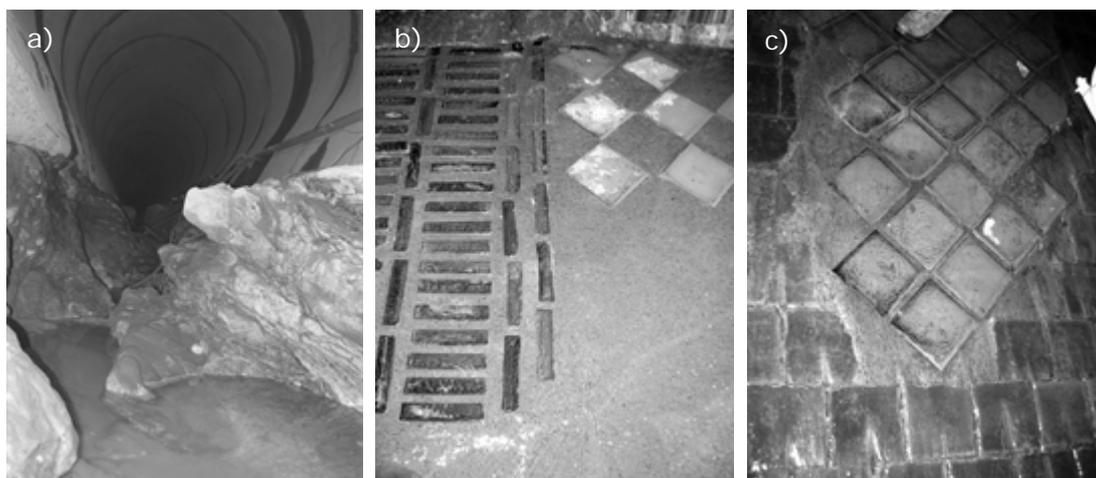


Abb. 11: a) Mehrere Meter tiefe Abrasionschäden im Umleitstollen Palagnedra durch schleifende und stossende Beanspruchung des transportierten Geschiebes; b) unterschiedliche Schmelzbasaltauskleidungen im Umleitstollen Pfaffensprung; c) Sanierung eines Schadens in der Schmelzbasaltauskleidung

B) Massnahmen zur Reduktion des Turbinenverschleisses

In dieser Forschungsreihe werden Massnahmen zur Reduktion des Turbinenverschleisses bei Hoch- und Mitteldruckwasserkraftanlagen untersucht. Mittels eines interdisziplinären Ansatzes werden im Triebwasser enthaltene Schwebstoffe und ihre Auswirkungen auf Turbinen quantifiziert.

B1) Schwebstoff-Monitoring und Verschleiss an Pelton-turbinen

Forschungsprojekt: *swisselectric research*
Bundesamt für Energie (BFE)
Gommerkraftwerke AG (gkw)

Projektleiter: **Prof. Dr. Robert Boes**
Betreuer: **Dr. Ismail Albayrak**
Doktorand: **David Felix**

Bei Wasserkraftwerken, insbesondere an Hoch- und Mitteldruckanlagen in teilweise vergletscherten Einzugsgebieten, bei welchen gefasstes Wasser ohne Aufenthalt in einem Speichersee turbinert wird, kann der Hydroabrasiv-Verschleiss an Turbinen und Stahlwasserbauteilen infolge schwebstoffhaltigen Triebwassers erhebliche Betriebskosten und Ertragseinbussen verursachen. Da bei Stauanlagen mit aktuellen Verlandungsproblemen auch die Möglichkeit des gezielten Turbinierens von schwebstoffhaltigem Wasser vermehrt geprüft wird und infolge des beobachteten Rückzugs von Gletschern und Permafrost im alpinen Raum vermehrt Sedimente anfallen, gewinnt die Thematik weiter an Aktualität.

An einer bestehenden Hochdruck-Wasserkraftanlage im Wallis (Kraftwerk Fieschertal), die über keinen Speichersee verfügt und bei welcher seit Inbetriebnahme im Jahr 1975 starker Hydroabrasiv-Verschleiss beobachtet wird, soll die Schwebstoffführung des Triebwassers mittels neuartiger Messtechnik (*in situ*-Laserdiffraktometer) kontinuierlich erfasst werden. Die Schädigung der Pelton-turbine, d.h. der Materialabtrag an den Bechern und Düsen spitzen, und die Reduktion des Wirkungsgrads werden durch mehrere Inspektionen bzw. Messungen dokumentiert und mit der Einwirkung, d.h. der Schwebstoffführung des Triebwassers, korreliert, um Berechnungsansätze zur Prognose des Hydroabrasiv-Verschleisses zu überprüfen bzw. zu erweitern.

Nebst dem Laserdiffraktometer sollen verschiedene andere optische und akustische Messsysteme, mit welchen die Schwebstoffführung des Triebwassers (Konzentration und Partikelgrössenverteilung) in Echtzeit überwacht werden kann, im Labor und am Prototypen getestet und Empfehlungen für den Einsatz solcher Messgeräte an Wasserkraftanlagen erarbeitet werden. Die geplante Untersuchung ist schematisch in Abb. 12 dargestellt. Weiter werden Messdaten aus dem bestehenden Kraftwerksleitsystem in die Auswertung miteinbezogen.

Für ein solches, von der VAW initiiertes interdisziplinäres Forschungsprojekt, das an einer Prototypanlage durchgeführt wird, ist die Zusammenarbeit verschiedener Partner erforderlich:

- Die Hochschule Luzern, Kompetenzzentrum für Fluidmechanik und Hydromaschinen, ist als Forschungspartnerin für folgende Aspekte beteiligt: optische und akustische Messtechnik zur Erfassung von Schwebstoffen, Wirkungsgrad-Monitoring an Pelton-turbinen, digitale Erfassung der Geometrie der Laufradbecher und Düsen spitzen.

- Die Gommerkraftwerke AG als Betreiberin des Prototypkraftwerks trägt mit Eigenleistungen und durch Maschinenabstellungen, die für die periodischen Turbineninspektionen im Sommerhalbjahr erforderlich werden, zum Forschungsprojekt bei.
- Engineering-Mitarbeiter der BKW FMB Energie AG aus dem Bereich Unterhalt und Erneuerung elektromechanischer Anlagen sowie Datenübertragung begleiten das Projekt.
- Weiter beteiligen sich zwei Industriepartner am Forschungsprojekt: Andritz Hydro AG, Kriens, für Peltonturbinen (v.a. Inspektionen) und Rittmeyer AG, Baar, für Sedimentmonitoring mit akustischen Methoden.

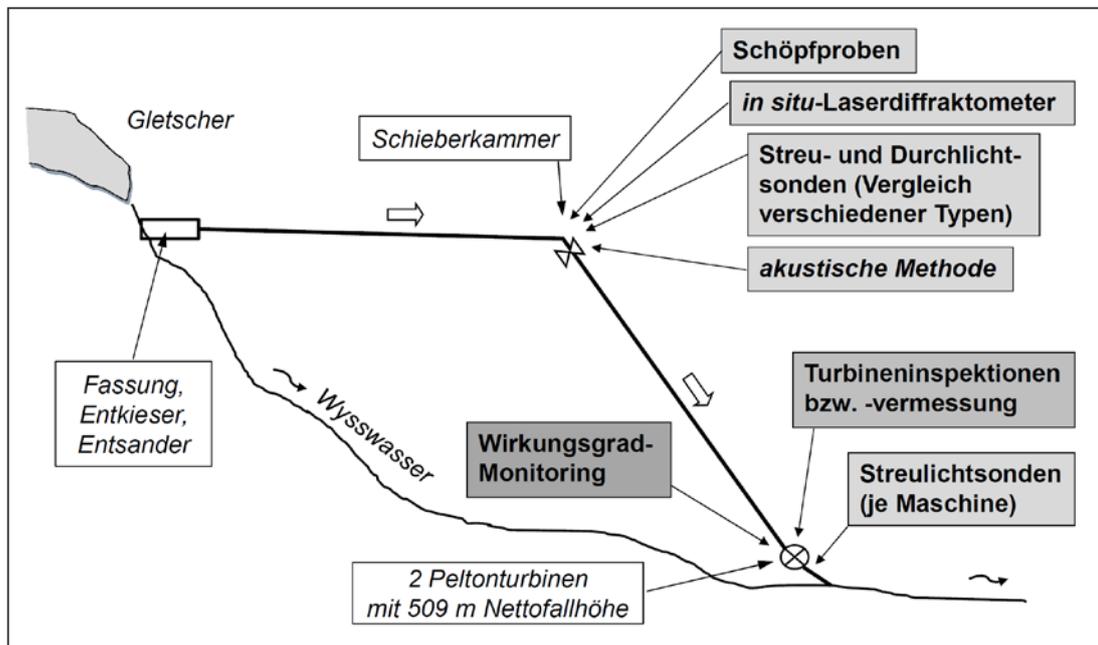


Abb. 12: Schematisches Längenprofil der zu untersuchenden Wasserkraftanlage (Kraftwerk Fieschertal, Gommerkraftwerke AG) mit Darstellung der vorgesehenen Untersuchung

Seit dem Projektbeginn im August 2011 wurden Vorbereitungsarbeiten durchgeführt, um im ersten Quartal 2012 die am Prototypen zum Einsatz kommenden optischen und akustischen Messsysteme zur Erfassung der Schwebstoffe vorgängig im Labor vergleichend zu untersuchen. Zu Beginn der Schwebstoffsaion 2012 soll mit den Messungen an der Prototypanlage in Fieschertal begonnen werden.

Aus der verbesserten Kenntnis der Einflussfaktoren des Hydroabrasiv-Verschleisses lassen sich Gegenmassnahmen und Strategien zur Verminderung von Abrasionsschäden ableiten und die Anlagenkonzeption bzw. der Anlagenbetrieb durch Betrachtung des Gesamtsystems, welches aus baulichen Anlagen und elektromechanischer Ausrüstung besteht, wirtschaftlich optimieren. Dies trägt zur Steigerung der Effizienz der Wasserkraftnutzung bei.

Massnahmen zur Gewährleistung eines schonenden Fischabstiegs an grösseren mitteleuropäischen Flusskraftwerken

Forschungsprojekt: **Verband Aare-Rheinwerke**
swisselectric research
Bundesamt für Energie (BFE)

Projektleiter: **Prof. Dr. Robert Boes**

Betreuer: **Dr. Ismail Albayrak**

Doktorand: **Carl Robert Kriewitz**

Mit rund 56% der Produktion übernimmt die Wasserkraft in der Schweiz die bedeutendste Rolle bei der Versorgung des Landes mit elektrischer Energie. Die Wasserkraft wird auch in Zukunft mit weiteren erneuerbaren Energien wie Sonne und Wind ihre zentrale Stellung in der schweizerischen Elektrizitätsversorgung beibehalten, muss sich aber gleichzeitig Herausforderungen im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung der Gewässerschutzgesetzgebung stellen. Das mit dem Inkrafttreten des revidierten Gewässerschutzgesetzes im Januar 2011 vorgeschriebene Ziel, die wesentlichen, durch den Menschen verursachten Gewässerbeeinträchtigungen innert 20 Jahren zu beseitigen, stellt eine grosse Aufgabe für die Energiewirtschaft, aber auch die Kantone dar.

Ein wichtiger Teilaspekt der Gewässersanierung betrifft die Wiederherstellung der unterbrochenen Durchgängigkeit der Gewässerhabitats. Flusskraftwerke können bei der flussauf- und -abwärts gerichteten Wanderung von Fischen ein Hindernis darstellen. Insbesondere der für die Arterhaltung einiger mitteleuropäischer Fischarten wichtige Fischabstieg ist beim aktuellen Ausbaustandard der Anlagen beeinträchtigt.

Die Problematik des Fischabstiegs kann nicht einseitig durch rein biologische oder bautechnische Ansätze angegangen werden. Sie ist sowohl von der Fischfauna als auch von den jeweiligen hydraulischen und morphologischen Besonderheiten in Kraftwerksnähe abhängig. Das Forschungsprojekt verfolgt deshalb einen transdisziplinären Ansatz unter Einbindung der Fachleute aus Wasserwirtschaft, Wasserbau und Fischökologie. Die Projektbeteiligten sind der Verband Aare-Rheinwerke (VAR), Eawag, *swisselectric research* und das Bundesamt für Energie (BFE).

Das Projekt wurde im ersten Quartal des Jahres 2011 gestartet und erreichte bisher folgende Fortschritte:

- Der allgemeine Teil des Literaturstudiums mit dem Fokus auf den fischbiologischen Zustand der Zielgewässer Aare, Rhein, Reuss und Limmat wurde durch die Eawag fertig gestellt. Der Bericht "Fischabstieg bei Wasserkraftanlagen" liegt als Entwurf vor und wird entsprechend den Rückmeldungen der Projektpartner überarbeitet.
- Ein Betreiberfragebogen zur Erfassung der Kraftwerkskenngrössen aller VAR Mitgliedskraftwerke wurde erstellt und versandt. Anhand der Ergebnisse der Umfrage konnten die massgebenden hydraulischen, morphologischen und betrieblichen Parameter der Untersuchung evaluiert und festgelegt werden.
- Ferner wurde ein Katalog zu bestehenden Fischschutzmassnahmen wie z.B. Tauchwände, Louver und Rechen durch die VAW ausgearbeitet. Er war Grundlage für die Planung der Versuchsanordnungen sowohl am Grossmodell als auch bei der Entscheidung hin zur Erweiterung des Projekts um die Durchführung von Detailuntersuchungen in Versuchsrinnen.

- Die Modellbauplanung des Grossmodells an der VAW wurde abgeschlossen. Das Modell bildet ein typisches Blockkraftwerk an der Aare mit natürlichem Umgehungsgerinne nach (Abb. 13) und wird im Massstab 1:35 ausgeführt. Es hat danach eine Länge von ca. 20 m, eine maximale Breite von 7 m und wird mit einem maximalen Durchfluss von 150 l/s betrieben.

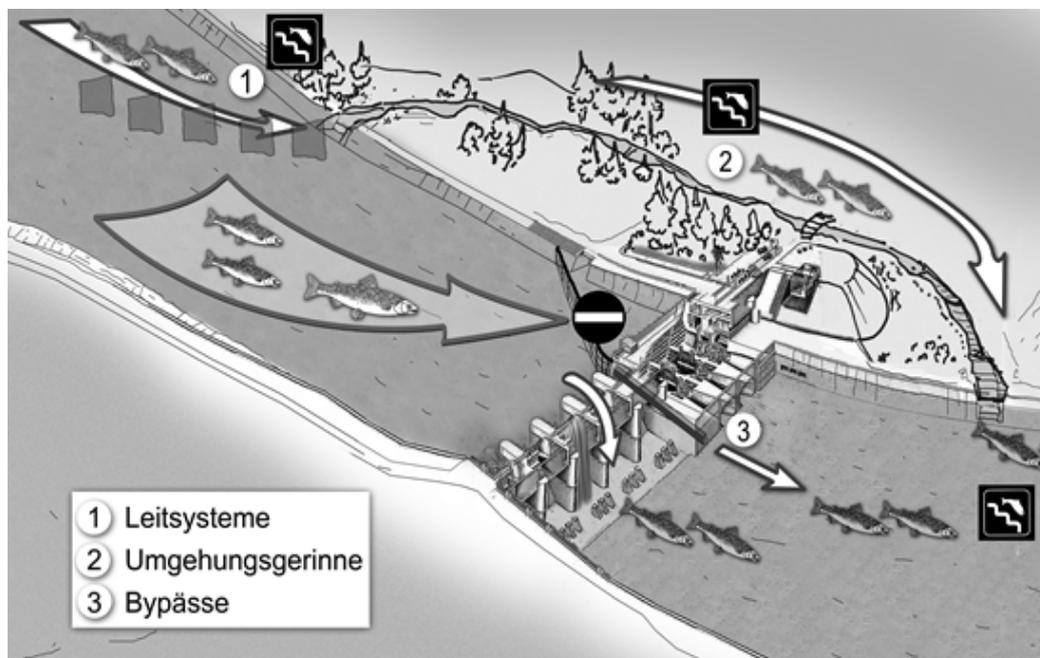


Abb. 13: Prinzipskizze Fischabstieg an Flusskraftwerken: Der potentiell schädigende Abwanderungskorridor durch das Krafthaus soll abgeschirmt werden und geeignete Fischleitsysteme und Bypässe sollen schonende, alternative Abwanderungsoptionen zur Verfügung stellen. Die Bemessung dieser Leitsysteme ist bis heute nicht möglich.

Zur Bestimmung grossräumiger, oberflächennaher Strömungsstrukturen kommt ein PIV-System (*Particle Image Velocimetry*) zum Einsatz, während lokale Strömungsverhältnisse und -geschwindigkeiten mittels ADV (*Acoustic Doppler Velocimeter*) und HWA (*Hot Wire Anemometry*) aufgenommen werden.

Am Grossmodell werden unterschiedliche Leit- und Bypasssysteme wie Rechenanlagen, Louver und Tauchwände hydraulisch untersucht und optimiert, wobei zwei Untersuchungsschwerpunkte existieren. Der erste ist die Bestimmung der fischökologisch relevanten Parameter wie Fließgeschwindigkeit, Geschwindigkeitsverteilung, Druckverlauf und Turbulenzgrad. Der zweite Schwerpunkt wird auf die Ermittlung der Auswirkungen der verschiedenen Massnahmentypen auf das Kraftwerk gesetzt. Hier interessieren insbesondere Druckhöhenverluste und die Veränderung der Turbinenanstömung als Indikator für die Energieproduktion nach dem Umbau.

Die Fertigstellung des Modells ist für Ende März 2012 geplant.

- Ein wichtiges Ziel neben der eigentlichen Forschungsarbeit stellt bei diesem transdisziplinären Projekt auch die Kommunikation unter den Projektpartnern dar. Es wurde deshalb eine Begleitgruppe unter Beteiligung von Behörden- und Umweltverbandsvertretern ins Leben gerufen.

Lufteintragsrate in Drucksysteme von Wasserkraftanlagen infolge Einlaufwirbel

Forschungsprojekt: *swisselectric research*
Bundesamt für Energie (BFE)
Projektleiter: Prof. Dr. Robert Boes
Betreuer: Dr. Martin Detert
Doktorand: Georg Möller

Drucksysteme von Wasserkraftanlagen sollen frei von Luft sein. Andernfalls werden Wirkungsgradminderung, Pulsationen, Druckstösse und Durchflussreduktionen erwartet. Einlaufwirbel werden als eine massgebende Quelle des Lufteintrags angesehen. Zum Mechanismus und zur Quantifizierung des Lufteintrags fehlt bis heute ein fundiertes Wissen. Aufgrund dessen müssen auf der sicheren Seite liegend entsprechend grosse Reserven bei Planung und Betrieb von Wasserkraftanlagen eingehalten werden. Ist die Vorhersage des Lufteintrags möglich, eröffnen sich jedoch Alternativen zur heutigen Bemessung. Eine Quantifizierung von Schadenpotentialen bzw. von Gegenmassnahmen macht ökonomische Abwägungen zwischen Verhinderung und Zulassen von Lufteintrag möglich. Wasserkraftanlagen und insbesondere deren Speicherbewirtschaftung können wirtschaftlich besser bemessen und betrieben werden. Ziel ist es, mit den im Modell erfassten Messdaten die Lücke im Grundlagenwissen und in der praktischen Bemessung von Einlaufbauwerken bzw. dem Betrieb von Wasserkraftanlagen zu schliessen.

An der VAW wird der Lufteintrag durch Einlaufwirbel mittels physikalischer Modellversuche untersucht. Die hierzu notwendigen grossmasstäblichen Bedingungen werden mit einem Tank (Abb. 14) von ca. 50 m³ Volumen und einem Durchfluss bis 500 l/s erreicht. Das Modell ermöglicht die Einhaltung der heute bekannten Grenzwerte bzgl. der Modellähnlichkeit von Einlaufwirbeluntersuchungen um ein Mehrfaches. Alle Bestandteile des hydraulischen Modells und der Messtechnik funktionieren nach der Optimierung wunschgemäss; lediglich die Entlüftungseinrichtung bedarf noch weiterer Anpassungen.

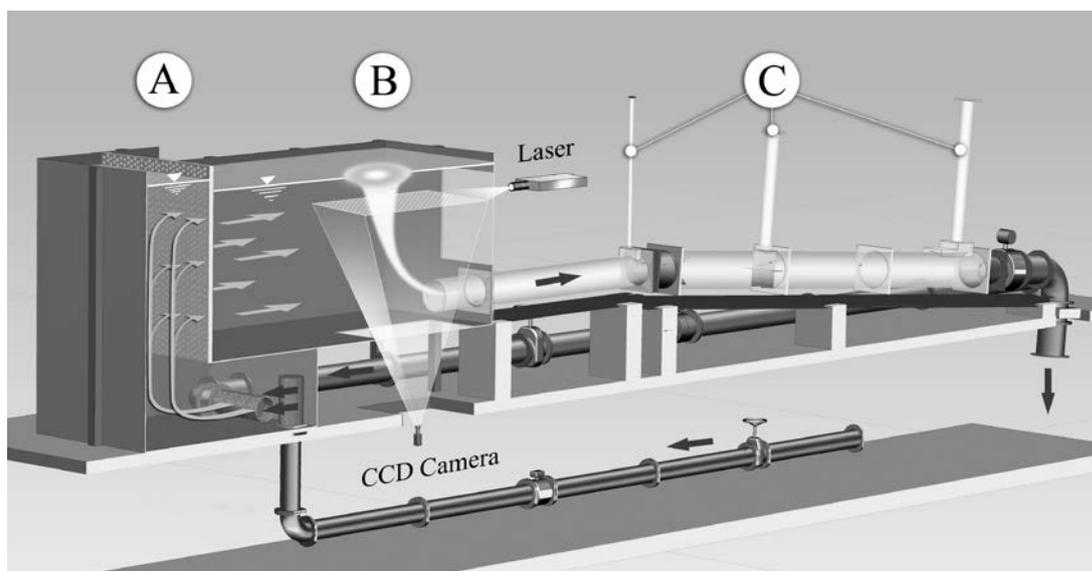


Abb. 14: Schnitt durch das bestehende physikalische Modell: A) Beruhigung der Zuströmung aus den Pumpen mit Einlaufbecken und Beruhigungs-massnahme am Übergang zum Tank, B) Tank mit Geschwindigkeitsmessung (2D-Particle Image Velocimetry (PIV)) um den Einlaufwirbel, C) Entlüftung

Die durch den Wirbel am Einlauf ins Drucksystem des Modells eingetragene Luft wird stromab mittels Entlüftung bestimmt. Die den Lufteintrag beeinflussenden Parameter werden variiert und gemessen. Die Zirkulation, einer der wichtigsten Parameter zur Charakterisierung des Wirbels, wird aus dem horizontalen Geschwindigkeitsfeld um den Wirbel ermittelt. Die Vermessung des Geschwindigkeitsfelds erfolgt mittels einer 2D-*Particle Image Velocimetry* (PIV) auf einer Gesamtfläche von bis zu 1 m^2 . Es wurden Geschwindigkeitsfelder um den Wirbel in einer Auflösung von 1×1 bis $6 \times 6 \text{ cm}^2$ erfolgreich gemessen und analysiert (Abb. 15). Die Zirkulation um den Kern des Wirbels wirkt sich nahezu auf der Gesamtfläche des PIV aus. Die durch den Wirbel verursachte Lufteintragsrate von maximal 0.2% erscheint visuell wesentlich grösser. In diesem Zustand ist die Strömung im Rohr aufgrund der Luftphase weiss. Grössere Lufteintragsraten als 0.2%, welche durchaus auftreten, sind nur unter bestimmten Voraussetzungen messbar und abhängig von der Entlüftungseinrichtung. Die Untersuchung einer Modellfamilie zeigt bei kleinerem Massstab als für die Hauptuntersuchung verwendet eine deutliche Beeinflussung des Lufteintrags aufgrund von grösser werdenden Viskositäts- und Oberflächenspannungseinflüssen. Die bekannten Grenzwerte sind offenbar zu niedrig.

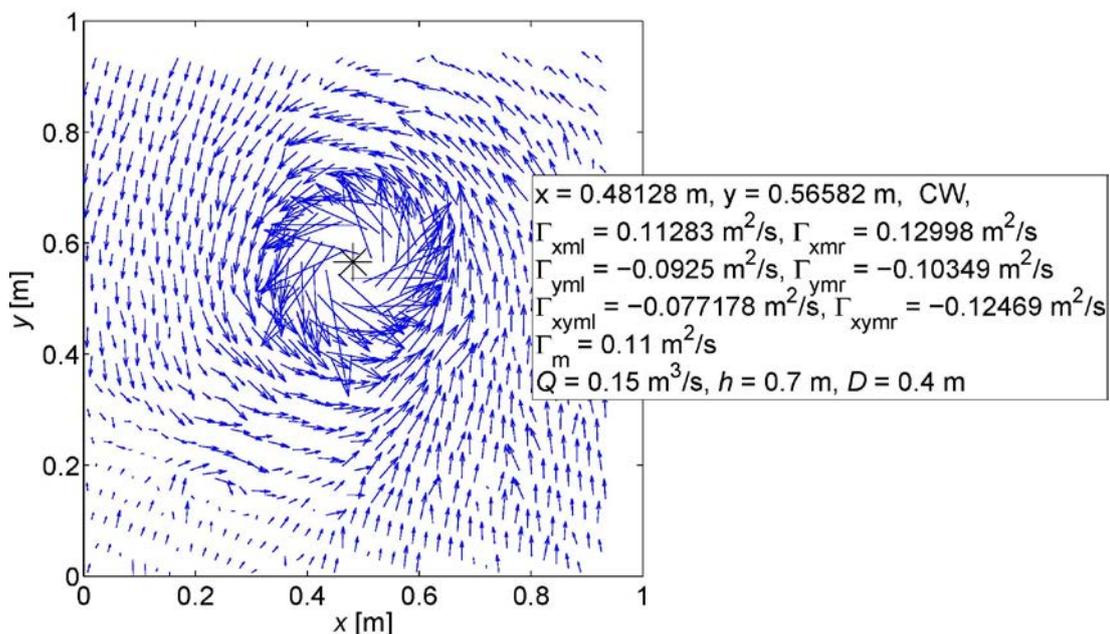


Abb. 15: Ergebnis der Geschwindigkeitsmessung (2D-PIV) um den Einlaufwirbel: Vektoren der Strömungsgeschwindigkeit im Horizontalschnitt, parallel zum Wasserspiegel (jeder 20. Vektor dargestellt). Die Zirkulation $\Gamma_m = 2\pi v_{t,r}$ ist aus den radialen Komponenten ermittelt und beschreibt das gesamte Wirbelfeld in einem Wert (Annahme eines Potentialwirbels).

Die Messungen des Geschwindigkeitsfelds zur Bestimmung der Zirkulation und die Entlüftung mit resultierender Lufteintragsrate werden in einem weiteren Schritt kombiniert. Mit Hilfe dieser Ergebnisse wird eine Funktion zur Abschätzung möglicher Lufteinträge erarbeitet. Schliesslich soll mit einer detaillierten Vermessung des Geschwindigkeitsfelds des Wirbels, evtl. auch in vertikaler Richtung, der physikalische Prozess der Wirbelbildung mit einem Fokus auf lufteinziehende Wirbel analysiert werden.

Die Pöyry Energie AG unterstützt das Projekt beratend.

1.3 Flussbau

Einmündung Kleine Emme - Reuss: Hydraulische Modellversuche zur Abfluss- und Geschiebeproblematik an einer aufgeweiteten Flussmündung

Auftraggeber: Kanton Luzern, Dienststelle Verkehr und Infrastruktur (vif)
Projektleiter: Dr. Volker Weitbrecht
Sachbearbeiter: Peter Seitz

Die Reuss fliesst unterhalb des Vierwaldstättersees als hart verbautes Gerinne durch die nördlichen Vororte Luzerns und nimmt die von Westen kommende Kleine Emme am so genannten Reusszopf auf. Durch ihren Ursprung im Vierwaldstättersee und eine vorhandene Deckschicht ist die Reuss bis zum Reusszopf praktisch frei von Geschiebetrieb. Die Kleine Emme transportiert hingegen massgebliche Geschiebefrachten in den Reusszopf, die durch die Reuss nicht komplett abtransportiert werden, so dass immer wieder Baggerungen nötig sind. Bei grossen Hochwasserereignissen der Kleinen Emme – im Jahr 2005 wurde mit etwa 700 m³/s der bisher höchste seit 1936 aufgezeichnete Abfluss verzeichnet – bilden sich im Mündungsbereich derart ausgeprägte Geschiebeablagerungen, dass durch einen entstehenden Pfropfen ein Rückstau der Reuss entsteht (Abb. 16). Dies ist gleichbedeutend mit einer leichten Drosselung des Ausflusses aus dem Vierwaldstättersee.

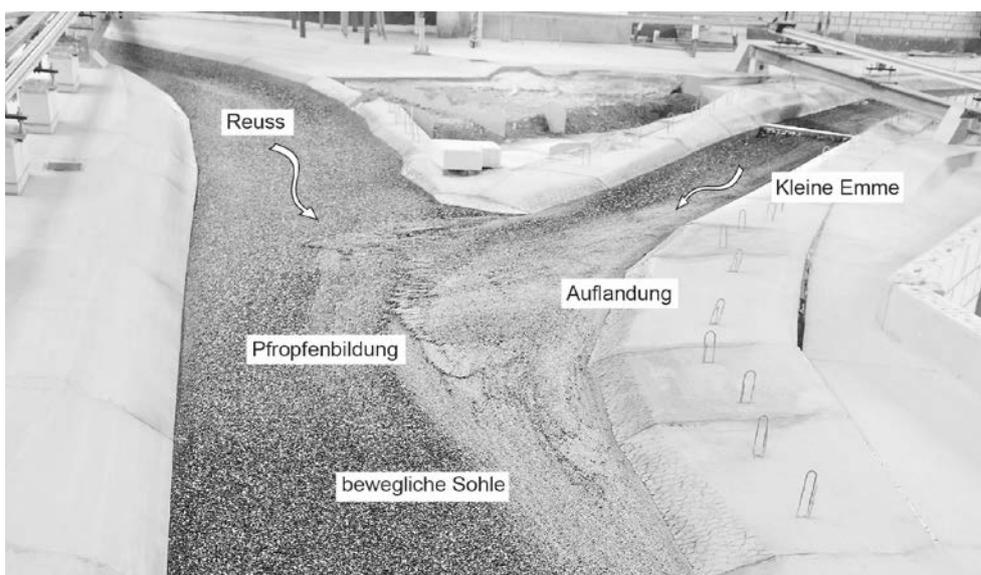


Abb. 16: Hydraulisches Modell im Massstab 1:45 (Istzustand). Die Pfropfenbildung im Mündungsbereich der Kleinen Emme in die Reuss ist deutlich sichtbar.

Für die Unterlieger des Reusszopfes bedeutet dieser Rückstau eine auf natürliche Art hervorgerufene Minderung der Hochwasserspitzenabflüsse. Aus Gründen des Hochwasserschutzes sind nun Eingriffe in das bestehende Gerinne der Kleinen Emme notwendig. Oberhalb der Mündung werden die Ufermauern erhöht und die Breite der Kleinen Emme wird vergrössert. An der Mündung selbst soll ein zweiter Flussarm die Gerinnekapazität erhöhen (Abb. 17).

Da der Bau eines zweiten Flussarms Einfluss auf die Geschiebeablagerungen zur Folge hat, wird in einem physikalischen Modell an der VAW (Abb. 16 bis Abb. 18) die Ab-

lagerungsproblematik genauer untersucht. Hier sind vor allem zwei Fragestellungen von Interesse: 1.) Bildet sich im projektierten Zustand mit zwei Flussarmen ebenfalls ein Geschiebepfropfen, der als Regulator des Seeausflusses wirkt? 2.) Gibt es eine Auflandungstendenz oberhalb des Mündungsbereichs in der Kleinen Emme? Eine Verlandung in diesem Bereich würde die neue, erhöhte Abflusskapazität im Gerinne und damit die gewünschte Hochwassersicherheit wiederum einschränken.

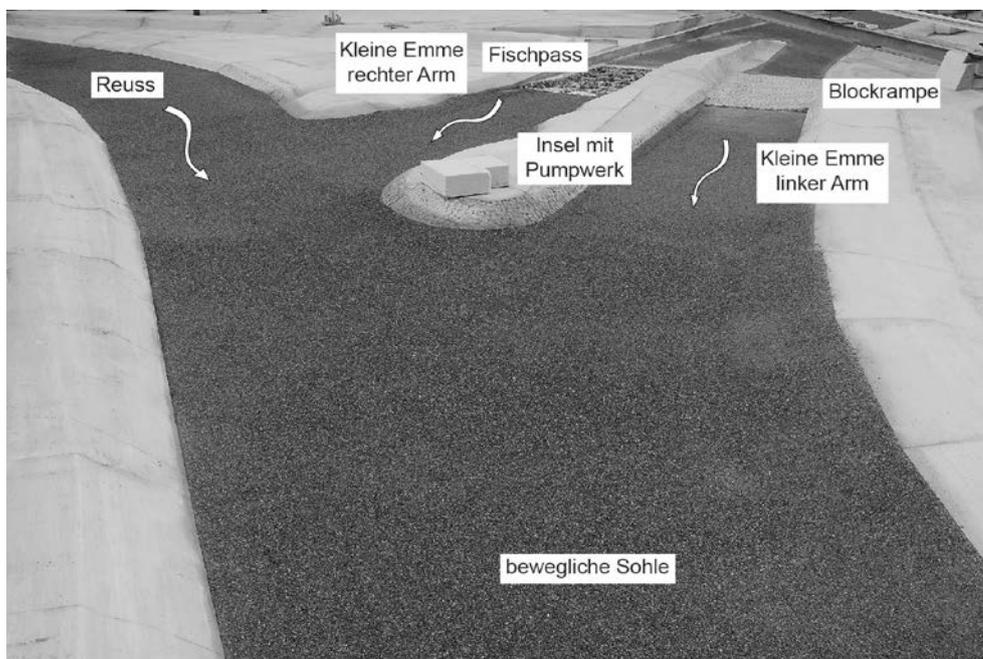


Abb. 17: Hydraulisches Modell im Massstab 1:45 (Projektzustand) vor Versuchsbeginn. Die Mündung der Kleinen Emme besteht nun aus zwei Armen mit jeweils einer neuen Rampe (Fischpass und Blockrampe) und angepasster Gerinneführung zur Sicherstellung der Abflusskapazität.

Für die Untersuchungen wurde ein Modell im Massstab 1:45 mit beweglicher Sohle gebaut. Um Geschiebevolumina und Ablagerungstendenzen möglichst realistisch abzubilden, war es nötig, zuerst eine Modelluntersuchung mit der derzeitigen Topographie (Istzustand) durchzuführen (Abb. 16). Für die massstäbliche Abbildung des Sohlmaterials und des laufenden Geschiebes werden zwei verschiedene Sandmischungen verwendet. Der Geschiebetransport während der HQ₁₀₀-Hochwasserganglinie wurde mit größerem Material simuliert als der bei kleineren Hochwasserspitzen. Die gröbere Mischung wurde auch zum Einbau der Sohle verwendet. In mehrmaligen Eichversuchen wurden zwei Normaljahre und die HQ₁₀₀-Hochwasserganglinie (Spitzenabfluss in Natur 650 m³/s) simuliert. Mit einer angepassten Geschiebefunktion konnte das natürliche Verhalten während des Ereignisses von 2005 gut reproduziert werden.

Für einen direkten Vergleich des Projektzustands mit dem Istzustand wurde das Versuchsprogramm der Eichversuche auch auf die neu eingebaute, projektierte Topographie angewandt (Abb. 17 und Abb. 18).

Erste Auswertungen zeigen deutlich ausgeprägtere Auflandungen im projektierten Zustand als im Istzustand (Abb. 16 und Abb. 18). Dadurch wird der Geschiebeauftrag am Modellende in der Reuss deutlich geringer, was zu einem Geschiebedefizit in der Reuss führen

könnte. Dieser verminderte Geschiebetransport lässt sich durch die neuen Sohlhöhen in Kombination mit dem verbreiterten Fliessquerschnitt erklären. Durch die Flussaufweitung an der Mündung im Projektzustand muss sich zunächst ein entsprechendes Gefälle einstellen, was zu Beginn der Projektuntersuchung (Einbau der minimalen Sohlhöhen) noch nicht vorhanden war. Eine Pfropfenbildung in der Reuss während eines HQ_{100} zeigt sich jedoch auch im Projektzustand (Abb. 18). Die genaue Auswirkung auf den Wasserspiegel und damit auf den Seeausfluss in Abhängigkeit verschiedener Randbedingungen soll mit den laufenden Versuchen im Detail untersucht werden.

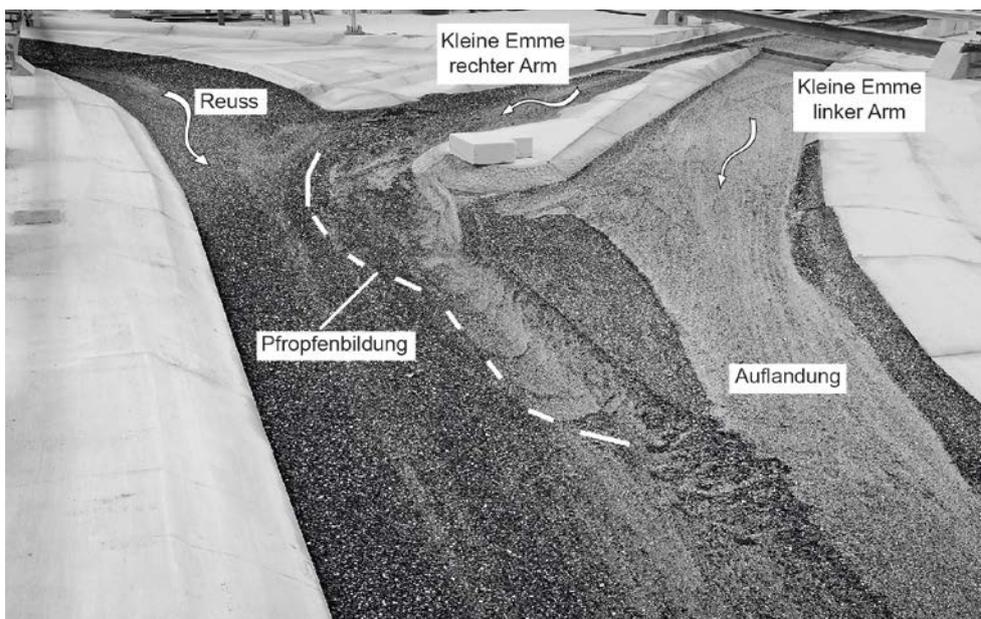


Abb. 18: Mündungsbereich mit aufgelandeten Flussarmen; projektiierter Zustand nach Versuchsdurchführung (vgl. Abb. 17)

Hochwasserschutz Sihl, Hydraulische Modellversuche Rütiboden

Auftraggeber: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL)

Projektleiter: Dr. Martin Detert, Dr. Volker Weitbrecht

Sachbearbeiterin: Sarah Simonett

Die Hochwasserereignisse in der Sihl in den Jahren 2005 und 2007 zeigten deutlich, dass Schwemmholz eine Gefahr für den Hochwasserschutz der Stadt Zürich darstellt. Bis zu $6'000 \text{ m}^3$ Schwemmholz werden bei einem 30- bis 100-jährlichen Ereignis erwartet ($HQ_{30,Sihl} = 290 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ_{100,Sihl} = 360 \text{ m}^3/\text{s}$), das doppelte Schwemmholzvolumen bei einem Ereignis mit einer Wiederkehrperiode von 300 Jahren ($HQ_{300,Sihl} = 450 \text{ m}^3/\text{s}$). Durch allfällige Verklausungen an Brücken und insbesondere bei den Durchlässen unter dem Zürcher Hauptbahnhof können Überschwemmungen ausgelöst werden. Das dadurch bedingte Schadenspotential im Bereich des Hauptbahnhofs liegt bei einem 100- bis 300-jährlichen Ereignis bei 3 bis 5 Milliarden CHF.

Als Teil des integralen Hochwasserschutzkonzepts der Stadt Zürich wird ein Schwemmholzrückhalt an der Sihl oberhalb Langnau geplant. Zusätzlich wird zurzeit ein Hochwasserentlastungsstollen von der Sihl in den Zürichsee

auf die technische Machbarkeit geprüft. Mit dem physikalischen Modell an der VAW werden der Schwemmholzrückhalt und der Einlauf in den Entlastungsstollen untersucht und optimiert. Die Modellversuche werden seit Mai 2011 durchgeführt.

Der Schwemmholzrückhalt ist projektiert im heutigen Sihlbett unterstrom einer Aussenkurve beim Rütiboden, rund 15 km oberhalb des Zürcher Hauptbahnhofs. Ein neues Hauptgerinne soll in Strömungsrichtung rechts auf einer Länge von 400 m ausgehoben werden (Abb. 19). Eine Wehrschwelle trennt den Schwemmholzrückhaltebereich vom Hauptgerinne. Während Hochwasserereignissen wird das Holz über die Wehrschwelle in ein Ausleitungsgerinne im alten Flusslauf ausgetragen und dort am Schwemmholzrechen zurückgehalten. Entscheidend bei diesem Projekt ist, dass das Geschiebe-

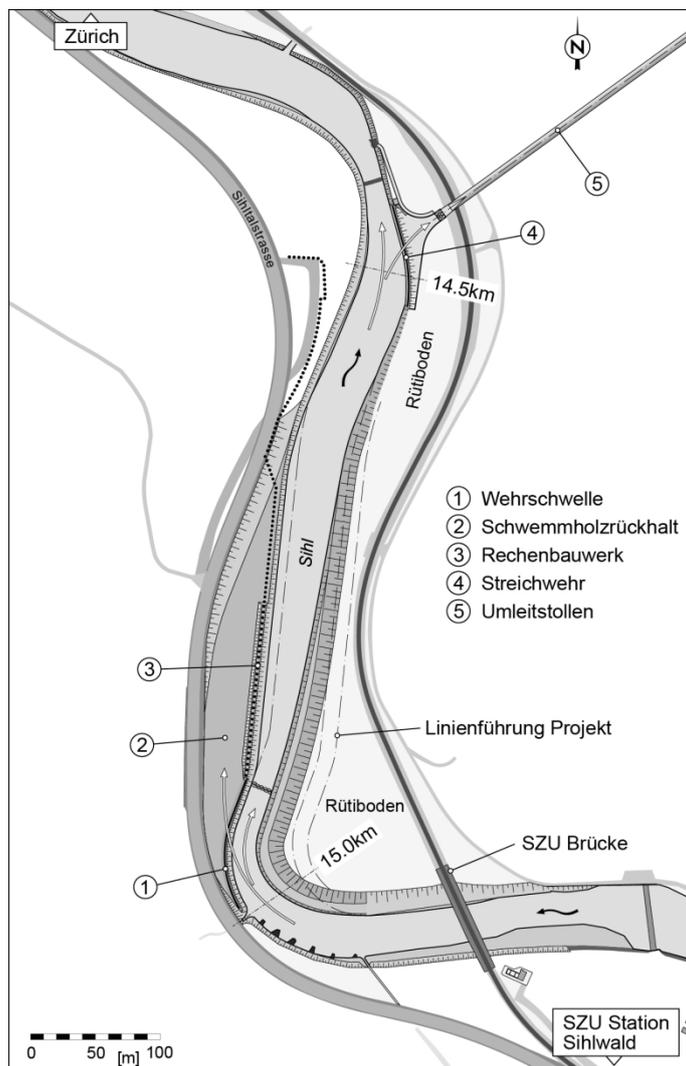


Abb. 19: Aktuelle, optimierte Situation der Projekte Schwemmholzrückhalt und Hochwasserentlastungsstollen Sihl

regime durch den Rechen im Nebenschluss nur unwesentlich verändert wird, so dass der Geschiebetransport weiterhin im Hauptgerinne stattfindet.

Der Entlastungsstollen (Durchmesser = 5.6 m, Länge = 2.1 km und Gefälle = 2.7%) hat eine Kapazität von bis zu 300 m³/s. Er soll geschiebe- und schwemmholzfremd betrieben werden. Der Einlauf besteht aus einem Streichwehr und befindet sich in einer Aussenkurve 200 m flussabwärts des geplanten Schwemmholzrückhalts.

Das physikalische Modell ist im Massstab 1:40 gebaut und weist Abmessungen von 21 m x 11 m auf. Anhand der Modellversuche werden verschiedene Hochwasserszenarien untersucht. Wasser und Geschiebe werden als Ganglinie geregelt zugegeben. Die Flusssohle ist mit Kies beweglich ausgebildet, um geomorphologische Veränderungen untersuchen zu können. Mithilfe eines Lasertasters, der die Sohle vor und nach jedem Versuch

vermisst, können Erosions- und Auflandungszonen evaluiert und Geschiebebilanzen erstellt werden. Das Modellschwemmholz ist massstäblich skaliert aus Astholz hergestellt. Es wird von Hand der Strömung zugegeben. Für jeden Versuch wird am Ende eine Schwemmholzbilanz erstellt.

Der Schwemmholzrechen und der Entlastungsstollen werden nacheinander im Modell untersucht und optimiert. Erste Optimierungen am Projekt wurden bereits durchgeführt. Da sich herausstellte, dass der Schwemmholzrückhalteraum tendenziell überdimensioniert war, wurde der Schwemmholzrechen um 7 m nach links versetzt und um 28 m nach oberstrom verschoben (Abb. 20). Die Rückhaltefläche reduzierte sich dadurch um rund ein Sechstel. Weiter konnte die Breite des Hauptgerinnes im Bereich parallel zum Schwemmholzrechen um rund 10 m reduziert werden. Dadurch verringert sich der erforderliche Aushub am Rütiboden, was eine Reduktion der Baukosten um ca. 1 Mio. CHF zur Folge hat. Der Aufwand der Modellversuche hat sich allein durch diese Optimierung schon um ein Mehrfaches amortisiert. Im jetzigen Zustand des Modells können bei den verschiedenen Hochwasserszenarien (HQ₁₀₀ bis HQ₃₀₀) ca. 60-70% des eingetragenen Schwemmholzes zurückgehalten werden. Mit einer Absenkung der Wehrschwelle und einer verbesserten Anströmung der Wehrschwelle durch Leitbauwerke soll der Rückhalt in der kommenden Versuchsphase auf mindestens 80% erhöht werden.

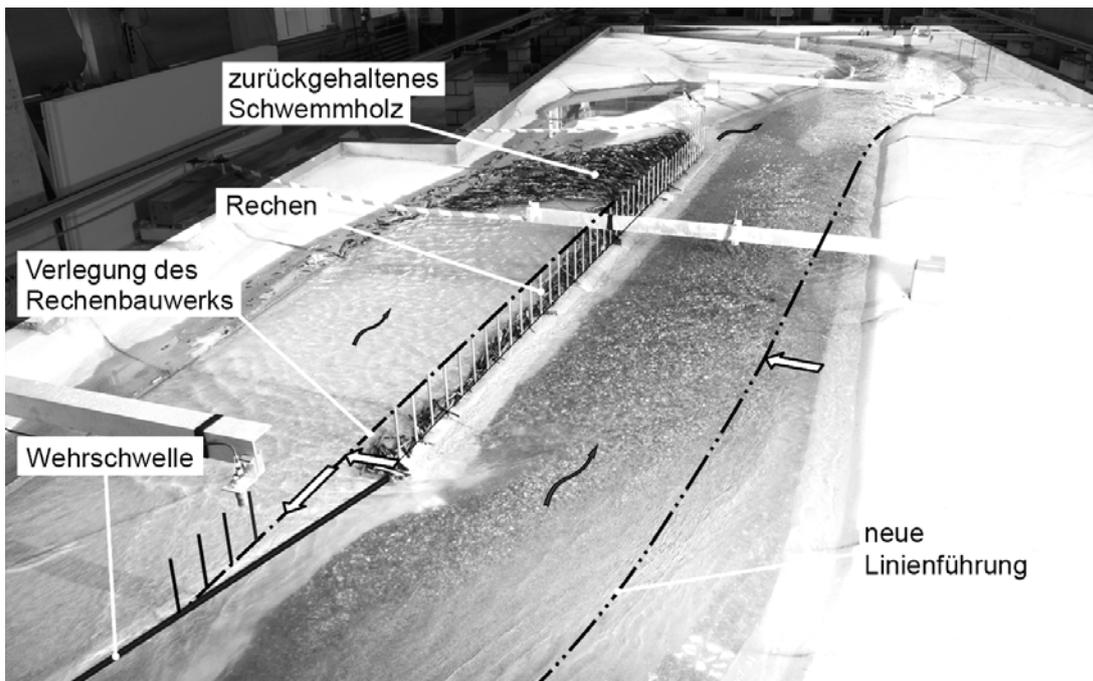


Abb. 20: Modellversuche mit ursprünglicher Projektierung sowie Darstellung der durchgeführten Optimierung

Voruntersuchungen mit dem Einlaufbauwerk des Entlastungsstollens zeigen, dass dieser den Schwemmholzrückhalt nicht beeinflussen würde. Gleichzeitig zeichnen sich Optimierungsmöglichkeiten ab. So wird eine verstärkte Kurvensituation erforderlich sein, um den Geschiebeaustrag in den Stollen zu reduzieren. Diese Kurvensituation kann entweder mit einer Verlegung des Gerinnes in eine stärkere Aussenkurve und/oder mit Bühnen erreicht werden. Der Abschluss der Modellversuche ist für Sommer 2012 geplant.

Flussaufweitungen – Analyse der übergeordneten Auswirkungen auf den Geschiebehaushalt und den Hochwasserschutz mittels numerischer Modellierung

Forschungsprojekt: Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Projektleiter: Prof. Dr. Robert Boes

Betreuer: Dr. Volker Weitbrecht

Dr. David Vetsch

Doktorand: Thomas Berchtold

Die Entwicklung der Gerinnesohle in einer künstlich erstellten lokalen Flussaufweitung ist abhängig vom übergeordneten Geschieberegime. Gleichzeitig stellt eine lokale Flussaufweitung einen Eingriff in den Geschiebehaushalt dar und beeinflusst somit das übergeordnete Geschieberegime sowie die Sohlenlage ober- und unterstrom der Aufweitung. Beide Effekte, sowohl vom übergeordneten hin zum lokalen wie auch in umgekehrter Richtung von den lokalen Massnahmen auf das weiträumige Ganze, sind nicht eindeutig geklärt. Die Aussagekraft entsprechender Modelle ist daher begrenzt. Es stellt sich die Frage, wie sich übergeordnete Eingriffe wie z.B. eine allgemeine Geschiebereaktivierung auf vorhandene lokale Massnahmen auswirken und ob die lokalen Massnahmen ihre Wirkung auch nach Veränderung des übergeordneten Regimes aufrechterhalten können.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit werden mit dem numerischen Modellierungstool *BASEMENT* die übergeordneten Auswirkungen von Flussaufweitungen auf den Geschiebehaushalt und den Hochwasserschutz analysiert. Ziel der Arbeit ist es, einerseits die Möglichkeiten und Grenzen von *BASEMENT* als wissenschaftlichem Modellierungsinstrument aufzuzeigen und andererseits die Prozesse einer Aufweitung hinsichtlich ihrer Wechselwirkung mit dem übergeordneten Geschiebehaushalt besser zu erfassen.

In einer ersten Phase wurden die an der VAW durchgeführten Laborversuche von Hunzinger (1998) nachgerechnet. Es ist gelungen, die Hydraulik, die mittleren Sohlgefälle im Gleichgewichtszustand sowie die Sohlversatzbildung im Übergangsbereich zwischen Kanal und Aufweitung gut abzubilden (Abb. 21). Bemerkenswert dabei ist, dass die interessierenden mittleren Grössen mit dem 1D-Modell *BASEchain* ähnlich gut reproduziert werden konnten wie mit dem 2D-Modell *BASEplane*, und zwar sowohl mit Einkornmaterial wie auch mit einer Mehrkornmischung. Mithilfe der detaillierten Modellkalibrierung konnte die Anwendung von *BASEMENT* auf kleinskalige Probleme getestet und verbessert werden.

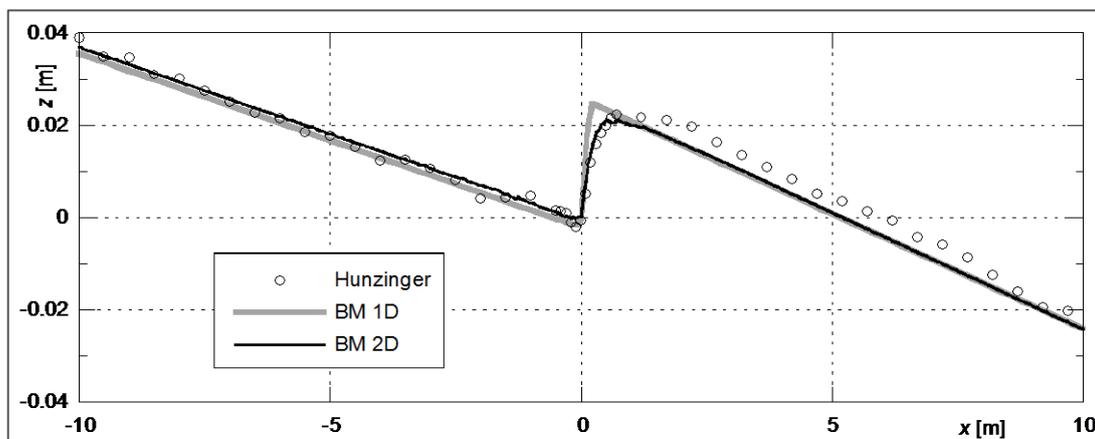


Abb. 21: Mittlere Sohlenlängsprofile der Laborversuche von Hunzinger und der BASEMENT 1D- und 2D-Modellierungen für Einkornmaterial. Die numerischen Mehrkornmodellierungen unterscheiden sich kaum von den Einkorn-Modellierungen.

In den nächsten Phasen soll das numerische Modell anhand eines grossskaligen Prototyps (Aufweitung Altikon, Thur, Abb. 22) verifiziert werden. Des Weiteren sollen die Möglichkeiten von *BASEMENT* im Hinblick auf die Ausbreitung von Störungen im Geschiebehaushalt aufgezeigt und mit analytischen Ansätzen verglichen werden.



Abb. 22: Flussaufweitung Altikon an der Thur im Mai 2011 (Blick gegen die Fliessrichtung). Foto: C. Herrmann, BHAtteam, Frauenfeld

Aufgelöste unstrukturierte Blockrampen

Forschungsprojekt: Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Projektleiter: Prof. Dr. Robert Boes
Betreuer: Dr. Volker Weitbrecht
Doktorandin: Simona Tamagni

Gemäss einer Studie aus dem Jahr 2009 sind die schweizerischen Flussläufe durch ca. 100'000 Abstürze mit einem Höhenunterschied grösser als 50 cm unterbrochen, was zur Behinderung der Durchgängigkeit für Fische und kleinere Lebewesen führt. Aufgrund ihrer Schutzwirkung gegen Erosion und einer verbesserten ökologischen Durchgängigkeit kommen aufgelöste unstrukturierte Blockrampen daher mehr und mehr als ökologisch verbesserte Bauwerke zur Stabilisierung der Flusssohle zum Einsatz. Sie bestehen aus grossen isolierten Blöcken, die unregelmässig mit einer vorgegebenen Belegungsichte auf dem Untergrundmaterial platziert werden (Abb. 23).

Umfassende Dimensionierungsgrundlagen hinsichtlich der hydraulischen Stabilität sowie eine eindeutige ökologische Beurteilung sind jedoch bislang nicht ausreichend verfügbar. Ziel dieser Forschungsarbeit ist die Untersuchung des Verhaltens von aufgelösten unstrukturierten Blockrampen bezüglich Hydraulik und Stabilität unter Berücksichtigung der ökologischen Anforderungen, um die diesbezügliche Lücke im Grundlagenverständnis und in der praktischen Bemessung zu schliessen.



Abb. 23: Rampenserie an der Landquart. Die Blöcke weisen einen Durchmesser von ca. 1.5 m bei einem Gewicht von ca. 4-5 t und eine Belegungsdichte von ca. 20% auf.

In einer ersten Phase wurde die Stabilität der Rampe mit unterschiedlichen Parameterkombinationen (Blockdurchmesser, Belegungsdichte, charakteristische Korndurchmesser des Sohlenmaterials und Sedimentzugaberrate) untersucht. Die Randbedingungen der verschiedenen Versuche sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Parameterkombination von einigen ausgewählten Versuchen (Angaben in Modellgrößen, s. auch Abb. 24).

	D [mm]	d_{90} [mm]	D/d_{90} [-]	λ [%]	G_b [g/s]	q [l/ms]
A1	43	3.5	12	15	nein	3.3 bis 60
A5	43	3.5	12	25	nein	3.3 bis 60
A6	65	3.5	18	15	nein	3.3 bis 40
A7	65	3.5	18	25	nein	3.3 bis 60
A8	43	8.8	5	15	nein	3.3 bis 26.7
A9	43	8.8	5	25	nein	3.3 bis 40
A10	65	8.8	7.5	15	nein	3.3 bis 140
A11	65	8.8	7.5	15	ja 10 bis 363	3.3 bis 140
A12	57	8.8	6.5	15	nein	3.3 bis 140

Für die Versuche wird die Rampe mit Sedimentmaterial bei einem bestimmten Anfangsgefälle eingebaut und mit einem regelmässigen, aber unstrukturierten Muster mit Blöcken belegt (Abb. 23). Die Rampe wird mit zunehmendem Abfluss belastet, der während einer Belastungsstufe jedoch konstant gehalten wird. Sobald der Gleichgewichtszustand des sich einstellenden Sohlengefälles erreicht wird, wird die Topographie vermessen und es werden daraus verschiedene Größen wie zum Beispiel das mittlere Längsgefälle

bestimmt. Ziel der Parametervariation ist es, ein optimales Verhältnis des Blockdurchmessers und des charakteristischen Korndurchmessers des Sohlenmaterials bezüglich der Rampenstabilität zu finden.

Die Ergebnisse der ersten Phase haben gezeigt, dass für die vorliegenden Versuchsverhältnisse ein optimales Verhältnis bei ca. $D/d_{90} = 7$ liegt (Abb. 24). Noch nicht geklärt ist, wie scharf hier eine Abgrenzung zu kleineren D/d_{90} -Verhältnissen gezogen werden muss, bei denen ein schlagartiges Versagen der Rampe beobachtet wurde (Versuche A8 und A9 in Abb. 24). Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass der Einfluss der Geschiebezugabe als stabilisierend bezeichnet werden kann (Versuch A11 in Abb. 24).

Detaillierte Messungen zur Charakterisierung der Turbulenzverhältnisse auf der Rampe im sohnnahen Bereich werden momentan mit einem 2D-LDA (Laser-Doppler-Anemometer) durchgeführt. Dabei werden Geschwindigkeitsprofile zur detaillierten Beschreibung der Strömung und deren Heterogenität in einer weiteren Versuchsrinne mit befestigter, vorbelasteter Sohle aufgenommen.

In Zusammenarbeit mit der Eawag werden Naturversuche zur Quantifizierung der Passierbarkeit solcher Blockrampen durchgeführt, um ihre ökologische Wirksamkeit zu bestimmen.

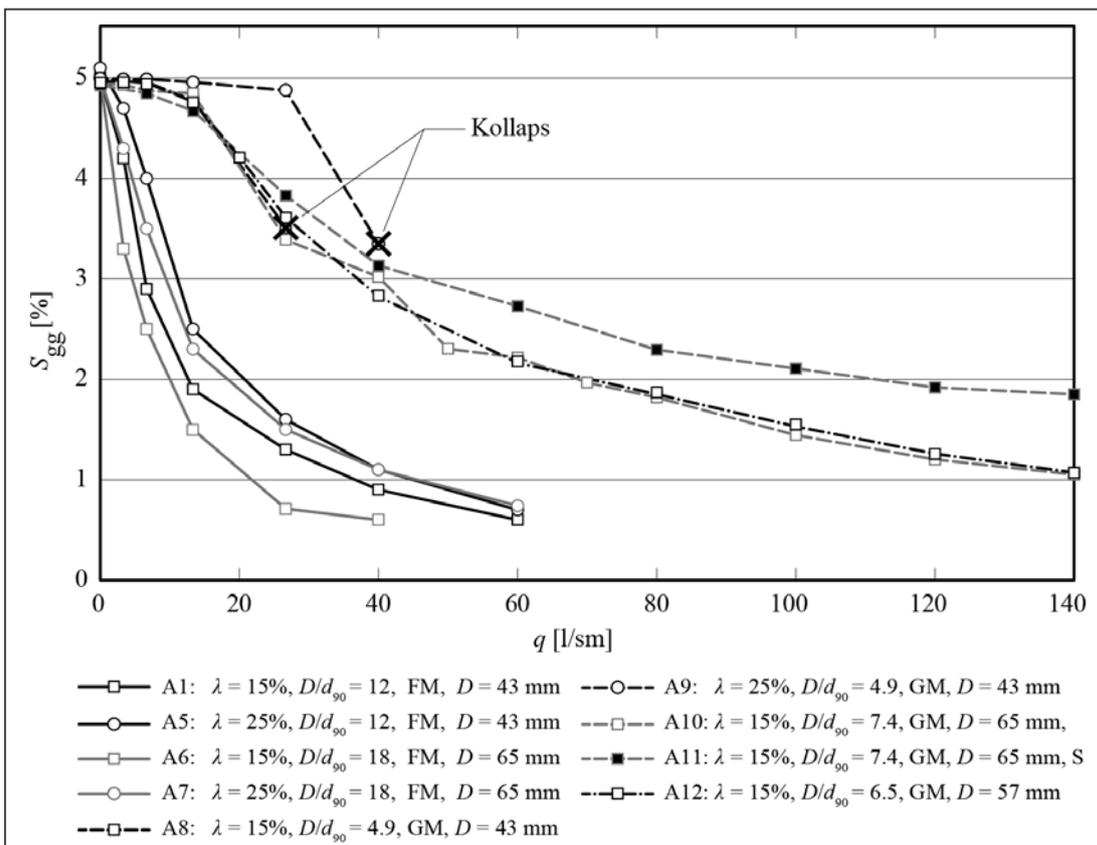


Abb. 24: Ergebnisse der Modellversuche aus der ersten Phase: mit D/d_{90} = Verhältnis des Blockdurchmessers zum Sohlenmaterial, λ = Belegungsdichte, FM = feine Mischung mit $d_{90} = 3.5$ mm, GM = grobe Mischung mit $d_{90} = 8.8$ mm, $\lambda = (\square)$ 15%, $\lambda = (\circ)$ 25%; (\square und \circ) = keine Sedimentzugabe, (\blacksquare und \bullet) = mit Sedimentzugabe

1.4 Angewandte Numerik

Numerische Simulation von Sedimenttransport mit gitterfreien Verfahren

Forschungsprojekt: Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Projektleiter: Dr. Roland Fäh

Doktorand: David Vetsch

Die gängigen Ansätze zur Bestimmung der Sedimentfracht beruhen vorwiegend auf empirischen Formeln, welche anhand der Auswertung von Feldmessungen oder Labor-experimenten hergeleitet wurden. Aufgrund ihrer empirischen Natur sind diese eher einfachen, auf gemittelten Grössen basierenden Ansätze gut für eine praktische Abschätzung des Sedimenttransports geeignet. Jedoch ist mit ihrer Anwendung grundsätzlich eine mehr oder weniger aufwändige Kalibrierung verbunden. Des Weiteren sind diese Ansätze zu einer Untersuchung der unterschiedlichen und oftmals komplizierten Vorgänge bei Sedimenttransport nicht geeignet, da die empirischen Ansätze die grundlegenden physikalischen Vorgänge nicht wiedergeben. Daher wurde in der Vergangenheit eine Vielzahl an experimentellen Untersuchungen von verschiedenen Forschungsgruppen unter Verwendung moderner Messtechniken durchgeführt, um einen vertieften Einblick in die dem Sedimenttransport zugrunde liegenden Prozesse zu erhalten. Zur Ergänzung der daraus entstandenen Erkenntnisse wären ebenfalls numerische Untersuchungen wünschenswert. Jedoch sind entsprechende numerische Modelle, welche fähig sind, die wesentlichen Vorgänge aufzulösen und wiederzugeben, eher selten, da ein solches Simulationsmodell auch Ansätze für die komplexe Fluid-Struktur-Koppelung beinhalten muss.

Im Rahmen dieser Dissertation wird ein auf zwei gitterfreien Partikelmethode basierendes numerisches Modell präsentiert. Dabei wird das Fluid als Kontinuum mittels der *Smoothed-Particle-Hydrodynamics* (SPH) Methode diskretisiert. Das Sediment wird mit der *Discrete-Element-Method* (DEM) wiedergegeben, wobei die Interaktion zwischen den einzelnen Sedimentkörnern mittels eines Kraftgesetzes modelliert wird, welches ebenfalls verschiedene Arten von Reibung mit einschliesst. Ein gleichartiger Ansatz wird für die Interaktion zwischen dem Fluid und den Sedimentpartikeln verwendet. Die Bestimmung der entsprechenden Kontaktflächen und der Austausch von Kräften zwischen dem Fluid und den Sedimentkörnern ist dem gewählten Ansatz inhärent. Daher ist die Verwendung von speziellen Verfahren zur Behandlung einer beweglichen oder verformbaren Kontaktfläche, wie dies bei gitterbasierten Verfahren der Fall ist, nicht notwendig.

Zur Anwendung der kombinierten Methoden wurden zwei unterschiedliche Modellierungsansätze verfolgt. Einerseits wurden die Fluidpartikel deutlich kleiner als die Sedimentpartikel gewählt, um die detaillierten Interaktionskräfte zu simulieren. Um den Einfluss der Partikelauflösung zu analysieren, wurden ein hydrostatisches und ein hydrodynamisches Experiment, d.h. die Simulation des Auftriebseffekts und die Bestimmung der Sinkgeschwindigkeit, durchgeführt. Die Simulationen zeigen die Konvergenz der verwendeten Verfahren mit zunehmender Partikelauflösung. Zudem stellte sich heraus, dass die gewählte Vorgehensweise ein zuverlässiges Konzept zur Validierung solcher Verfahren ist. Andererseits wurden Versuche durchgeführt, bei welchen die Fluidpartikel von der gleichen Grösse oder grösser als die Sedimentpartikel sind. Aufgrund der dabei weniger detaillierten Auflösung der Interaktionskräfte müssen die zugehörigen Modellparameter kalibriert werden, um die gewünschten Vorgänge des Sedimenttransports wiederzugeben. Die Kalibrierung betrifft sowohl die räumliche als auch die zeitliche Skala der Prozesse. Des Weiteren entsprechen in diesem Fall die Sedimentpartikel nicht mehr

einem einzelnen Korn, sondern eher einem kleinen Sedimentvolumen oder einer Handvoll Substrat. Dieser Modellansatz wurde erfolgreich auf die Kolkbildung durch einen auftreffenden Freistrahл (Abb. 25) und die Kolkvorgänge bei einem Brückenpfeiler angewendet.

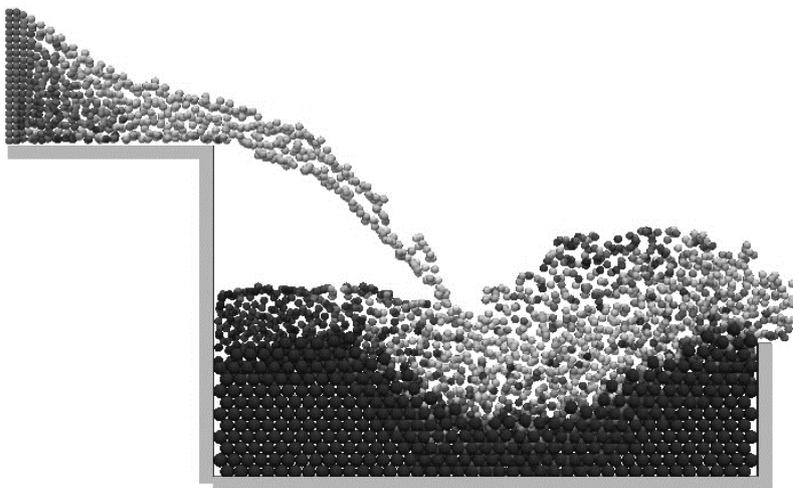


Abb. 25: Numerische Simulation der Kolkbildung durch einen auftreffenden Freistrahл, basierend auf der Kombination zweier Partikelmethoden (SPH (Wasser) und DEM (Sediment))

Die zufriedenstellenden Simulationsergebnisse demonstrieren das Potential des verwendeten Modells zur detaillierten Untersuchung von Sedimenttransportvorgängen und für komplexe praktische Anwendungen. Neben einigen konzeptionellen Schwächen des Modells stellt jedoch der erforderliche Rechenaufwand das grösste Hindernis dar, das nur durch den Einsatz von Hochleistungsrechnern überwunden werden kann. Gleichwohl ist die Kombination der präsentierten numerischen Verfahren ein vielversprechender Modellierungsansatz, der zukünftig als zweckdienliches Simulationswerkzeug für verschiedene Fragestellungen im Bereich des Fluss- und Wasserbaus dienen kann.

Numerische Simulation der Durchströmung von Dammbauwerken mit der Lattice-Boltzmann-Methode

Forschungsprojekt: Competence Center Environment and Sustainability (CCES)

Projektleiter: Dr. Roland Föh

Doktorand: Christian Volz

Die Stabilität von Erddämmen und -deichen hängt u.a. von der Durchströmung und den resultierenden Porenwasserdrücken im Inneren der Bauwerke ab. Für die numerische Untersuchung des Versagens solcher Bauwerke ist es daher nötig, die Durchströmung in der gesättigten und ungesättigten Zone adäquat abzubilden (Abb. 26). Die Wasser/Luft-Mehrphasenströmung kann dabei vereinfacht mit der Richardsgleichung in Kombination mit empirischen Retentionsmodellen abgebildet werden. Die numerische Lösung der 3D-Richardsgleichung ist anspruchsvoll aufgrund der auftretenden Nicht-Linearitäten und der abrupten Sprünge in den Variablen an den Grenzflächen unterschiedlicher Materialien in heterogenen Dammbauwerken.

Im Rahmen der Dissertation wurde die Anwendung eines jungen numerischen Verfahrens, der Lattice-Boltzmann-Methode (LBM), auf die Richardsgleichung evaluiert. Die LBM löst die Boltzmann-Gleichung aus der statistischen Physik auf einem strukturierten Gitternetz ("Lattice"). Sie setzt dabei auf einer mesoskopischen Betrachtungsebene an, die zwischen den Partikelmethoden in der molekularen Simulation und den Kontinuumsmethoden der klassischen CFD angesiedelt ist. Die betrachtete Variable ist eine Verteilungsfunktion der Partikel, aus der die gesuchten makroskopischen Grössen (z.B. der Porenwasserdruck) abgeleitet werden. Die explizite Lösung der diskreten Boltzmann-Gleichung erfolgt analog zu Partikelmethoden durch eine *Propagation* und eine *Kollision* dieser Verteilungsfunktionen. Für die Kollision wird eine Relaxation in Richtung der Gleichgewichtszustände angenommen, wobei die Physik der Problemstellung vor allem über die Gleichgewichtsfunktion abgebildet wird. Vorteile der LBM liegen u.a. in der Einfachheit der Methode, in der Möglichkeit, komplexe Geometrien abzubilden, sowie in der Erweiterbarkeit auf andere Differentialgleichungen (wie z.B. der Navier-Stokes-Gleichung) durch die Wahl verschiedener Gleichgewichtsfunktionen.

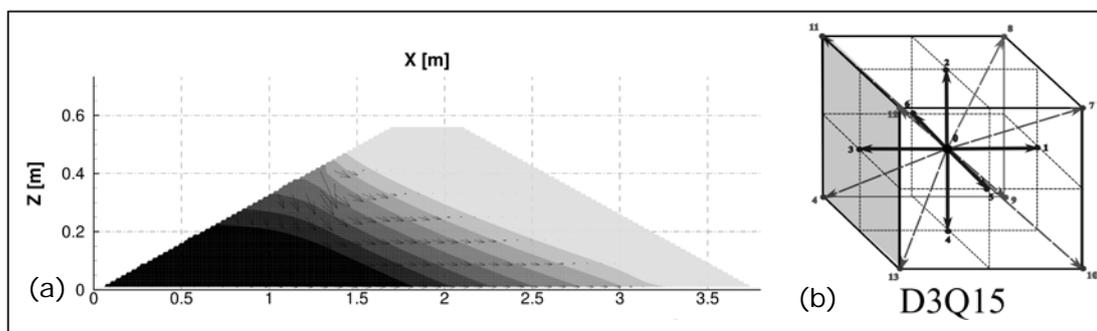


Abb. 26: (a) Sättigungsverteilung während einer Durchströmung eines Dammbauwerks; (b) 3D-Gitterzelle mit 15 diskreten Richtungen

Die Methode wurde auf Validierungsbeispiele und die Durchströmung von Dammbauwerken angewendet. Die Resultate zeigen gute Übereinstimmungen mit analytischen Lösungen und anderen Modellresultaten und belegen die Anwendbarkeit des Verfahrens. In einem weiteren Schritt ist die Kopplung mit der Software *BASEMENT* (www.basement.ethz.ch) vorgesehen.

Alpenrhein – Numerische Simulation der Mündungsentwicklung

Auftraggeber: Internationale Rheinregulierung (IRR)
Projektleiter: Dr. Roland Fäh
Sachbearbeiter: Patric Rousselot

Im Rahmen der Verbesserung des Hochwasserschutzes des Alpenrheintals soll mittels numerischer Simulation die langfristige Sohlenentwicklung der Rheinvorstreckung und des Mündungsbereichs in den Bodensee für die nächsten 50 Jahre berechnet werden. Die Topographie der Rheinvorstreckung ist zu zwei Zeitpunkten im Abstand von etwa 500 Tagen bekannt (Abb. 27). Die VAW wurde beauftragt, für das Vorstreckungsgerinne ein 2D-Modell mit der Software *BASEMENT* (www.basement.ethz.ch) zu erstellen und dieses anhand der bekannten Topographien zu kalibrieren.

Für die Sedimentumlagerungen wurde aufgrund des kleinen mittleren Korndurchmessers von 0.25 mm primär Suspensionstransport modelliert. Die grössten Unsicherheiten des Modells liegen in den sedimentologischen Randbedingungen. Die gemessenen Daten für die Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Abhängigkeit des Abflusses streuen über mehrere Grössenordnungen. Hohe Abflüsse führen nicht notwendigerweise zu entsprechend hohen Schwebstoffkonzentrationen. Gleichzeitig reagieren die entstehenden Sohlendifferenzen sensitiv auf das eingetragene Volumen an Schwebstoffen. Diese Unsicherheiten beschränken die Prognostizierbarkeit der zukünftigen Sohlenentwicklung.

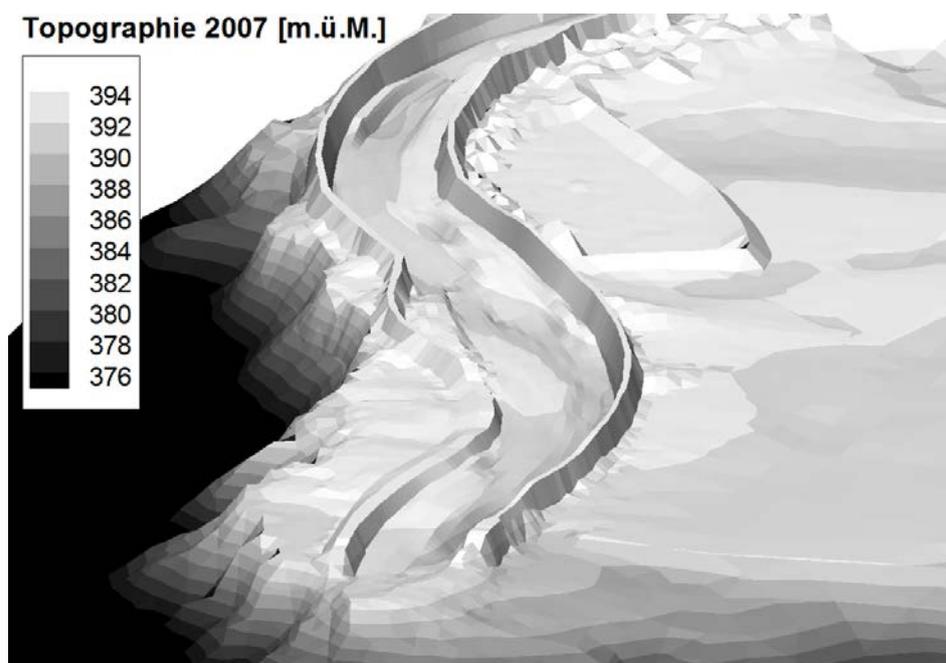


Abb. 27: Sohlentopographie im Bereich der Rheinvorstreckung in den Bodensee. Die Darstellung ist stark überhöht.

Mit den bekannten Anfangs- und Randbedingungen für die Kalibrierungsperiode konnten die gemessenen Sohlendifferenzen qualitativ in ihrer Form reproduziert werden. Besonders die markanten Eintiefungen und Auflandungen innerhalb der Kurven der Vorstreckung wurden durch die Simulationen wiedergegeben. Mit einer Optimierung der Parameter wurde die Mächtigkeit der Eintiefungen und Auflandungen dem gemessenen Zustand am Ende des Kalibrierungszeitraums bestmöglich angeglichen.

Der Rechenaufwand konnte im Verlauf der Projektbearbeitung erheblich vermindert werden. Es wurde ein schnelles Verfahren für die Berechnung des Suspensionstransports implementiert sowie ein beschleunigter morphologischer Zeitschritt, basierend auf der Annahme eines lokal quasi-stationären Abflusszustands, entwickelt. Somit konnte der Rechenaufwand auf einem handelsüblichen PC von mehreren Wochen auf wenige Tage vermindert werden. Die Berechnung läuft durchschnittlich etwa 300-mal schneller als in Realität. Das Modell ist somit in der Lage, Langzeitsimulationen mit vertretbarem Aufwand zu simulieren.

Breschenbildung an Dämmen kleiner Stauanlagen im Kanton Zürich

Auftraggeber: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL)
Projektleiter: Dr. Roland Fäh
Sachbearbeiter: Lukas Vonwiller

Ob eine Stauanlage eine besondere Gefahr darstellt und damit der Stauanlagenverordnung (StAV) zu unterstellen ist, ist in der Schweiz gemäss der Richtlinie "Sicherheit der Stauanlagen" des Bundesamtes für Energie (BFE) festzulegen. Die massgebende Grösse zur Bestimmung des Gefahrenpotentials ist der anzunehmende Breschenabfluss bei einem allfälligen Bruch des Damms. Für Dämme von kleineren Stauanlagen ist dabei von der Bildung einer plötzlichen Bresche auszugehen, deren Form standardisiert ist (Standardbresche). Im vorliegenden Projekt wurde untersucht, inwiefern sich die Annahme eines progressiven Dammbbruchs infolge Überströmung im Vergleich zum heute vorgeschriebenen Verfahren der Standardbresche auf die Grösse des maximalen Breschenabflusses auswirkt.

Im numerischen 2D-Modell mit *BASEMENT* (Abb. 28) wurden die relevanten Einflussgrössen systematisch variiert. Einen grossen Einfluss auf den maximalen Breschenabfluss hat vor allem das Stauvolumen, aber auch die Dammhöhe, Dammkronenbreite und Dammböschungsneigung weisen einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf. Im Vergleich zur Standardbresche ergeben sich vor allem für kleine Stauvolumen und grosse Stauhöhen kleinere maximale Breschenabflüsse. Dagegen resultieren für grosse Stauvolumen und kleine Stauhöhen grössere maximale Breschenabflüsse. Somit wird in den meisten Praxisfällen der maximale Breschenabfluss mit der Standardbresche überschätzt, jedoch liegt diese nicht immer auf der sicheren Seite.

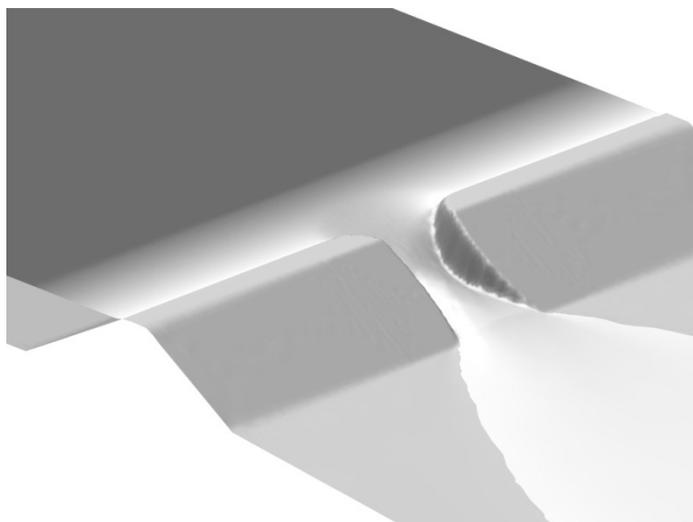


Abb. 28: Dammbresche und Wasserspiegel im numerischen Modell mit *BASEMENT*

Aufgrund der Parametervariation im numerischen Modell konnte das einfache Abschätzverfahren nach Macchione auf die Verhältnisse im Kanton Zürich kalibriert werden. Es lassen sich damit Parameter wie Stauvolumen, Dammhöhe,

Dammkronenbreite, Dammböschungsneigung und Zufluss berücksichtigen. Das kalibrierte Parametermodell nach Macchione kann als Software *BREACH_MACCHIONE* von der Webpage www.basement.ethz.ch heruntergeladen werden. Dies erlaubt dem anwendenden Ingenieur, eine realitätsnahe Abschätzung des maximalen Breschenabflusses eines progressiven Dammbbruchs mit kleinem Aufwand durchzuführen.

Die Anwendung der Software BREACH_MACCHIONE auf die kleineren Stauanlagen mit homogenen Erddämmen im Kanton Zürich zeigte in der Mehrzahl der Fälle eine Reduktion des maximalen Breschenabflusses im Vergleich zur Annahme einer sich plötzlich bildenden Standardbresche (Abb. 29). Inwiefern die Methode auch von anderen Kantonen mit vergleichbaren Verhältnissen angewendet werden kann, muss vom Bundesamt für Energie (BFE) in einer allfällig angepassten Richtlinie festgelegt werden.

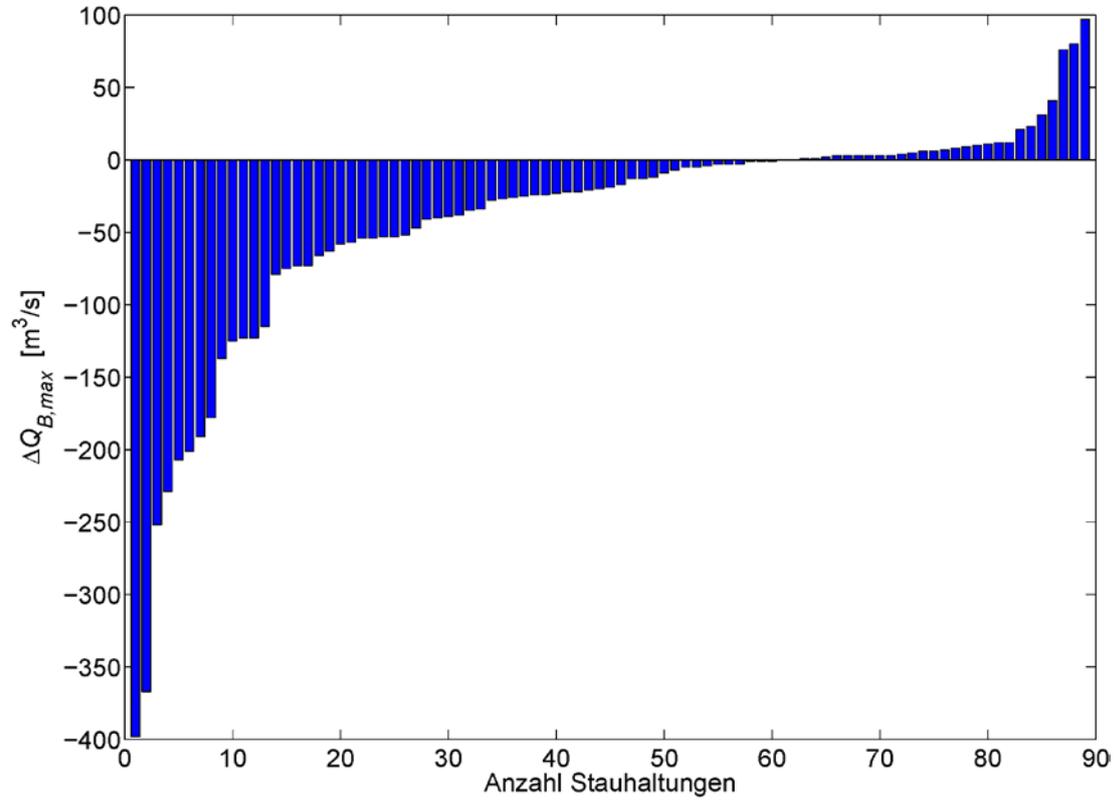


Abb. 29: Differenz $\Delta Q_{B,max} = Q_{B,max,Macchione} - Q_{B,max,Standardbresche}$ für die 89 relevanten Stauanlagen. Negative $\Delta Q_{B,max}$ bedeuten eine Reduktion, positive $\Delta Q_{B,max}$ eine Erhöhung des maximalen Breschenabflusses.

Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt – Beurteilung der Ablagerungen vor dem Krafthaus

Auftraggeber: Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt AG
Projektleiter: David Vetsch
Sachbearbeiterin: Nicola Mache

Das Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt liegt am Hochrhein, ca. 25 km flussaufwärts von Basel am Ende einer Rechtskurve. Im Lauf der Jahre haben sich an der Kurveninnenseite grossräumige Feinsedimentablagerungen gebildet, die vor dem Kraftwerk am rechten Ufer eine Mächtigkeit von mehreren Metern aufweisen (Abb. 30). Des Weiteren werden bei den jährlichen Rechenkontrollen regelmässig meterhohe Ablagerungen aus Totholz, Kies, Sand und Muscheln lokal vor dem Rechen der Maschine rechts aussen dokumentiert. Der Einfluss der Ablagerungen auf den Kraftwerksbetrieb und ihre zukünftige Entwicklung ist ungewiss. Die VAW wurde von der Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt AG beauftragt, die Strömungsverhältnisse vor dem Kraftwerk numerisch zu simulieren, um das Ablagerungs- und Erosionspotential abzuschätzen. Zudem sollten Massnahmen untersucht werden, mit denen das Ablagerungspotential reduziert und die Kraftwerkszuströmung verbessert werden kann.

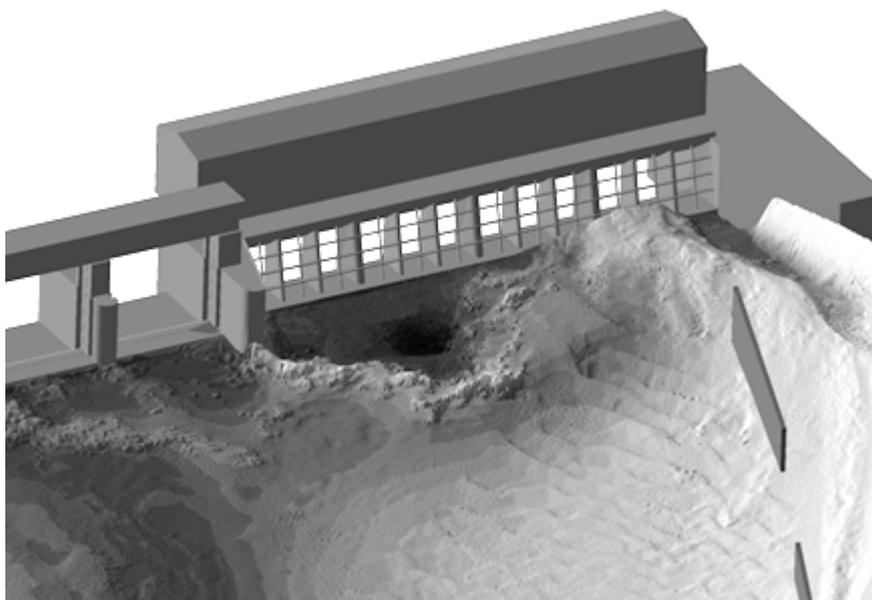


Abb. 30: Ablagerungen vor dem Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt. Zur Optimierung der Strömungsverhältnisse vor dem Kraftwerk bei grossen Hochwassern wurden Leitwände am rechten Ufer angeordnet.

Die Berechnungen wurden mit einem numerischen Kompositmodell ohne Simulation von Sedimenttransport durchgeführt. Dabei wurden die grossräumigen Strömungsverhältnisse im Oberwasser des Kraftwerks mit dem zweidimensionalen Modul des an der VAW entwickelten Programms *BASEMENT* berechnet. In einem zweiten Schritt wurde ein dreidimensionales numerisches Detailmodell im Nahbereich des Kraftwerks eingesetzt, da die dortigen Strömungsverhältnisse einen räumlichen Charakter aufweisen. Dazu wurde die kommerzielle Software *FLOW-3D* eingesetzt. Die benötigten Randbedingungen wurden aus den Resultaten der vorangehenden Berechnungen mit dem tiefengemittelten 2D-Modell abgeleitet.

Die Ergebnisse der numerischen Simulationen zeigen, dass im Oberwasser des Kraftwerks ein durchgehender Sedimenttransport grundsätzlich gegeben ist. Bei mittlerem Rheinabfluss und kleinen Hochwassern ist aufgrund der ermittelten Sohlschubspannungen zu erwarten, dass Feinsedimente über die Ablagerungen bis vor die Kraftwerkseinläufe transportiert werden. Bei grossen Hochwassern kommt es zu einer Strömungsablösung am rechten Ufer, wodurch grosse Zirkulationsströmungen über den bestehenden Ablagerungen und vor dem Kraftwerk auftreten, was zu lokalen Ablagerungstendenzen der Feinsedimente führt und die Anströmung der Kraftwerkseinläufe negativ beeinflusst.

Zur Verbesserung dieser Situation wurden Massnahmen untersucht, welche die Strömungsablösung am rechten Ufer verhindern (Lenkbuhnen) oder die Zirkulationsströmungen unterdrücken sollen (Leitwände). Als Bestvariante resultierten zwei 60 m lange nicht überströmte Leitwände, die am rechten Ufer zwischen dem Ablösepunkt der Strömung und dem Einlauf der Maschine rechts aussen annähernd parallel zum Ufer angeordnet werden. Die entsprechenden numerischen Simulation zeigten deutlich, dass dadurch die Zirkulationsströmungen und somit die Schräganströmung des Kraftwerks bei grossen Hochwassern reduziert werden können und sich auch bei Hochwasser annähernd stationäre Strömungsverhältnisse einstellen. Aufgrund der ermittelten Sohlschubspannungen links der Leitwände kann auch bei grossen Hochwassern mit gleichmässigem Sedimenttransport bis vor das Kraftwerk gerechnet werden. Bei mittlerem Abfluss und kleinen Hochwassern wirken sich die Leitwände kaum auf die bei diesen Lastfällen ohnehin günstige Kraftwerkszuströmung aus. Aufgrund der Resultate der numerischen Simulation stellt die gewählte Bestvariante eine potentielle Massnahme zur Reduktion zukünftiger Ablagerungen dar.

Kiesentladestelle Alpenrhein

Auftraggeber: Zech Kies GmbH
Projektleiter: Dr. Roland Fäh
Sachbearbeiter: Renata Müller, Lukas Vonwiller

Die Zech Kies GmbH verlegt ihren Standort vom linken Alpenrheinufer zum rechten Rheinufer flussaufwärts. Deshalb soll am rechten Damm innerhalb der Rheinvorstreckung ein Kies-Umschlagplatz gebaut werden, um den gebaggerten Kies für den Weitertransport vom Schiff auf Lastwagen umzuladen. Die Plattform soll etwa 20 m breit und 150 m lang werden. Der abflusswirksame Querschnitt des Vorstreckungsgerinnes wird dadurch verringert.

Im vorliegenden Projekt wurde untersucht, wie sich die Kiesentladestelle auf die Strömung und die Entwicklung der Sohle im Vorstreckungsgerinne des Rheins auswirkt. Insbesondere galt es zu prüfen, ob die Standsicherheit der Vorstreckungsdämme gefährdet ist. Die Untersuchungen wurden anhand eines numerischen Modells, das auf der Software *BASEMENT* (www.basement.ethz.ch) beruht, durchgeführt. Es wurden stationäre Reinwasserberechnungen für einen Hochwasserabfluss von $Q = 2600 \text{ m}^3/\text{s}$ sowie morphologische Berechnungen für das Hochwasser von 1987 und eine längere Periode von drei Jahren ausgeführt.

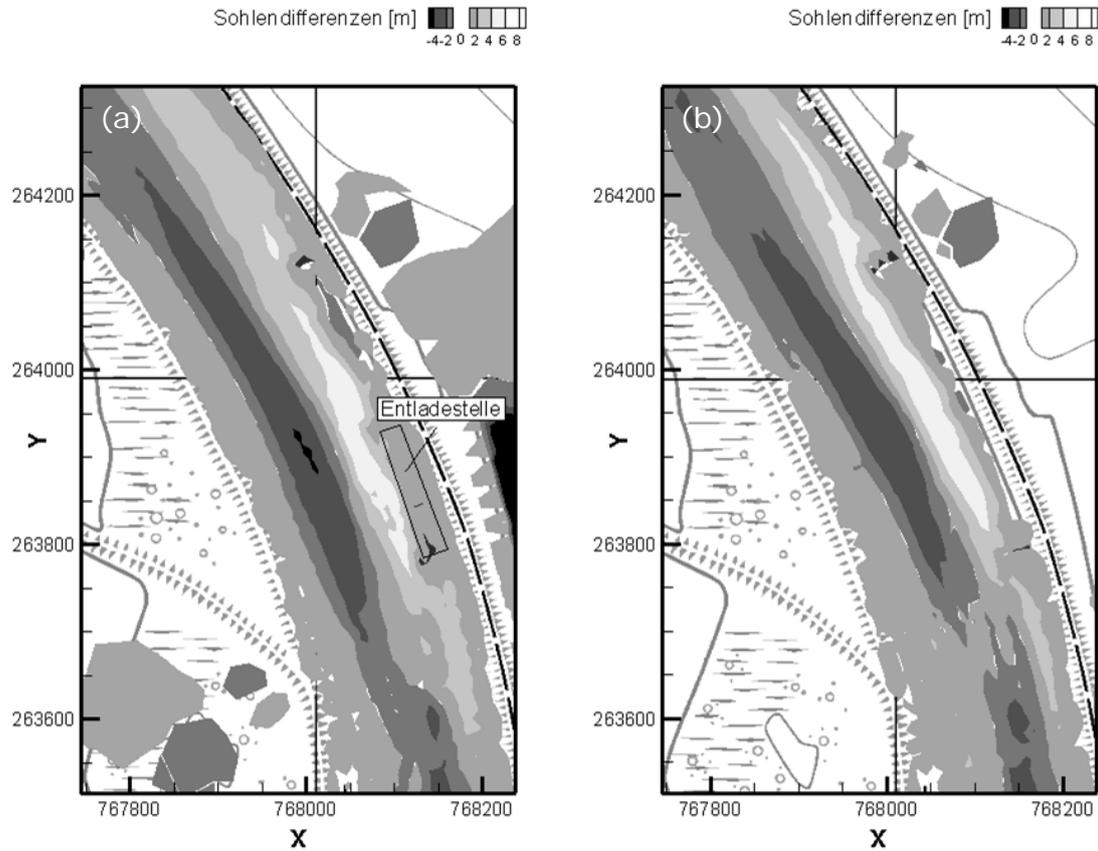


Abb. 31: Differenzen der Sohlenlagen als Folge des Hochwassers von 1987: (a) mit Entladestelle und (b) ohne Entladestelle

Der Einfluss der Entladestelle erweist sich als gering. Die hydraulischen Berechnungen zeigen einen leichten Rückstau auf Höhe der Entladestelle, der dazu führt, dass die Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen in diesem Bereich etwas abnehmen und dafür am Ende der Entladestelle etwas zunehmen. In den morphologischen Berechnungen ergibt sich eine leicht stärkere Erosion in der Mitte des Gerinnes, die am Ende der Entladestelle durch die Beschleunigung noch zusätzlich verstärkt wird. Die Standsicherheit des linken Damms ist von diesem Einfluss jedoch nicht betroffen. In Abb. 31 sind die Resultate der Simulation der morphologischen Entwicklung während des Hochwassers von 1987 dargestellt.

1.5 Glaziologie

Wie stark wirkt sich die Bildung eines proglazialen Sees auf den Rückzug eines Gletschers aus? Eine Untersuchung am Triftgletscher (Kanton Bern)

Forschungsprojekt: EU-Projekt ACQWA
Projektleiter: Prof. Dr. Martin Funk
Doktorand: Pierre Dalban Canassy

Der Triftgletscher erstreckt sich von 1'651 bis 3'380 m ü.M. Er ist 5.1 km lang und weist eine Fläche von 15 km² auf. Zwischen 2'350 und 2'000 m fließt er über eine 35 ° steile Stufe und läuft dann in einer ziemlich flachen Zunge aus. Die Gletscherzunge liegt in einem Becken, das nach Norden durch einen Felsriegel begrenzt ist. In den letzten 15 Jahren hat sich der Triftgletscher stark zurückgezogen. In seinem Vorfeld hat sich ein proglazialer See mit einem Inhalt von fünf Millionen Kubikmeter Wasser gebildet (Abb. 32).

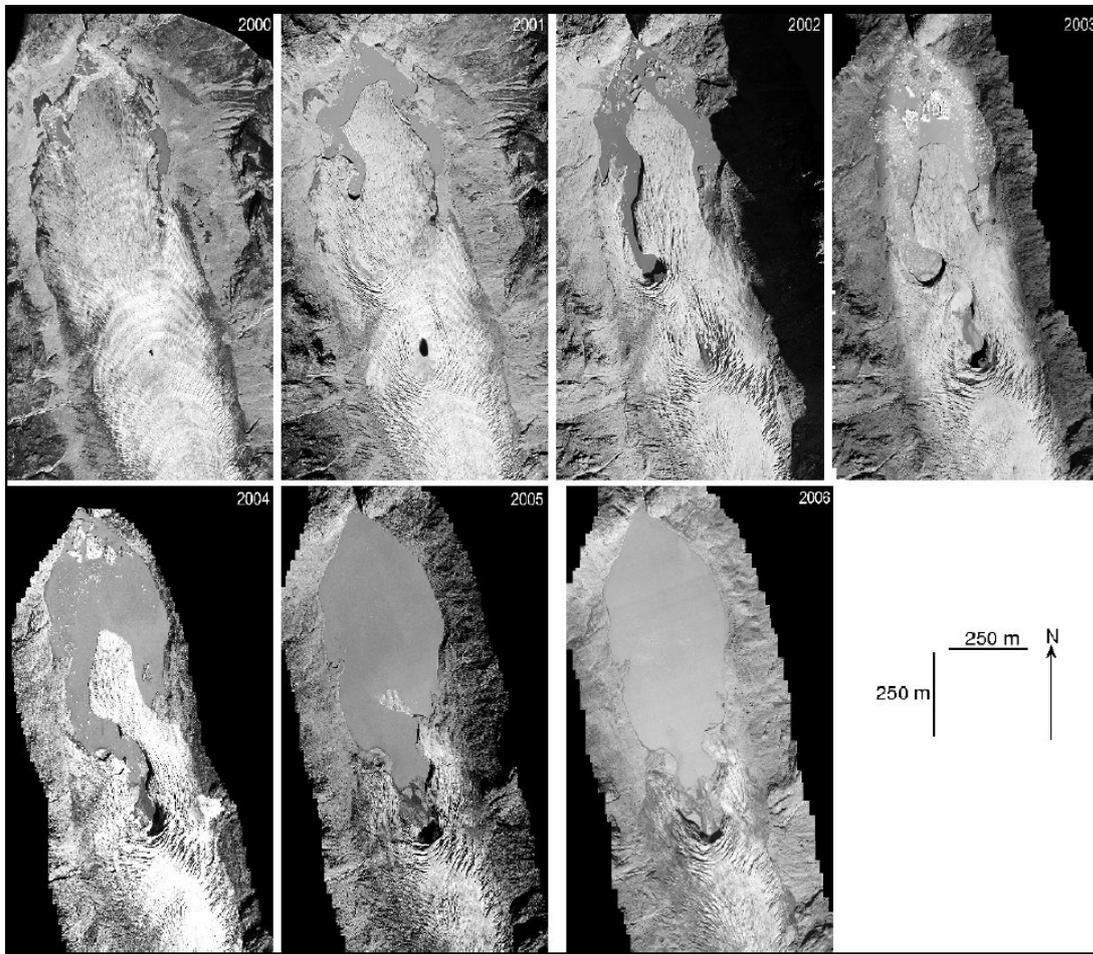


Abb. 32: Triftgletscher: Orthofotos von der Gletscherzunge (2000-2006)

Der See entleert sich durch eine enge Schlucht, die tief in den Felsriegel eingeschnitten ist.

Am Triftgletscher bestand während der Seebildung die Gefahr, dass kalbende Eisblöcke den Seeausfluss verstopfen. Zur Modellierung des Gletscherrückzugs in einem proglazialen See wird ein einfaches Gletscher-Massenbilanzmodell mit einem daran gekoppelten Kalbungskriterium verwendet. Die Dynamik an der Gletscherzunge wird dabei vernachlässigt, weil die Gletscherbewegung weniger als 10 m / Jahr beträgt. Die Gletscherzunge wurde in den Jahren 2000 bis 2006 mit Orthofotos und digitalen Höhenmodellen (DHM) festgehalten.

Als Kalbungskriterium wird angenommen, dass an der Gletscherzunge Eis abbricht, sobald dort die Eisdicke d das Schwimmgleichgewicht $h_c = \rho_i / \rho_w d$ erreicht, wobei ρ_w und ρ_i die Dichten von Wasser und Eis sind. Sobald an einem Punkt hinter der Kalbungsfront die Eisdicke bis auf h_c abschmilzt, wird der Gletscherabschnitt zwischen diesem Punkt und dem Gletscherende vom Gletscher entfernt. Die Absenkung der Gletscheroberfläche wird mit einem Gletscher-Massenbilanzmodell berechnet, welches mit Temperatur- und Niederschlagsdaten angetrieben wird.

Ausgehend von der Anfangstopographie im Jahr 2000 wurde in täglichen Zeitschritten die lokale Massenbilanz berechnet und entsprechend die Oberflächentopographie angepasst. Mit diesem Modell wurde der Rückzug des Triftgletschers zwischen 2000 und 2006 mit (Fall 1) und ohne Kalbungskriterium (Fall 2) berechnet. Abb. 33 zeigt Modellresultate des Gletscherrückzugs zwischen 2000 und 2006. Der Eisverlust (mit der dicken weißen Linie gekennzeichnet) betrug 0.120 km³ im Fall 1 und 0.08 km³ im Fall 2. Die Modellergebnisse entsprechen im Mittel zu 89% dem gemessenen Eisverlust im Fall 1 und nur zu 59% im Fall 2. Dieses Resultat zeigt, dass der Gletscherrückzug durch das Kalben wesentlich beeinflusst wurde. Ohne die Bildung des proglazialen Sees wäre das Gletscherende erst zwei Jahre später dort angekommen, wo es bereits im Jahr 2006 lag. Dieses Ergebnis zeigt, dass der Kalbungsprozess bei der Modellierung des Gletscherrückzugs durch eine Übertiefung im Gletscherbett berücksichtigt werden muss.

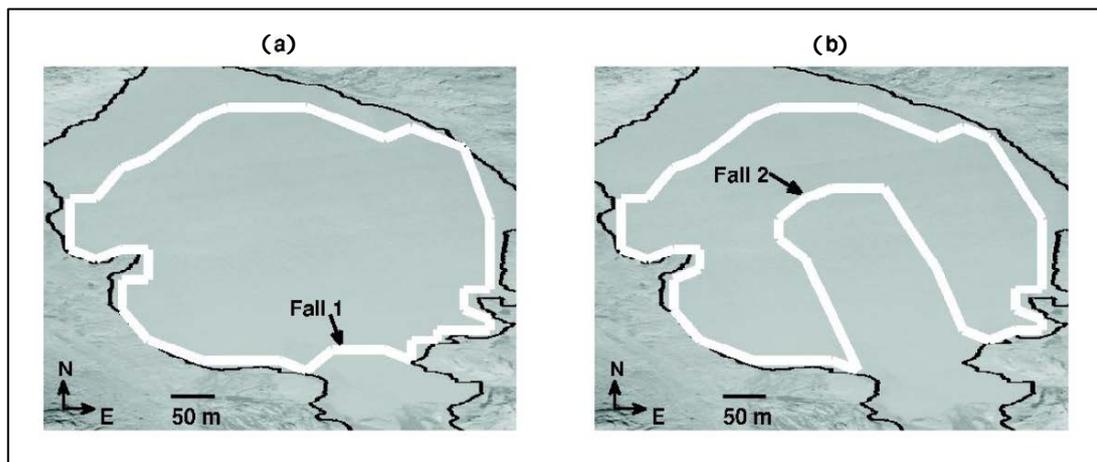


Abb. 33: Modellierter Gletscherrückzug (dicke weiße Linie) mit und ohne Kalbungskriterium (Fall 1 und 2) in den Jahren 2000 bis 2006. Das Bild im Hintergrund entspricht der Topographie im Jahr 2006; die dicke schwarze Linie steht für das Seeufer.

Bestimmung von Verformungsraten-Komponenten in Gletschern

Forschungsprojekt: Schweizerischer Nationalfonds
Projektleiter: Prof. Dr. Martin Funk
 Prof. Dr. Heinz Blatter (Institut für Atmosphäre und Klima, ETH Zürich)
Doktorand: Arne Keller

Die Bestimmung von Deformationsraten im Gletscher-Inneren ist für das Verständnis der Gletschermechanik im Allgemeinen und subglazialer Prozesse insbesondere von grösster Bedeutung. Gleichzeitig ist sie allerdings mit grossen technischen Schwierigkeiten verbunden, da das Gletscher-Innere meist nur räumlich eng begrenzt über Bohrlöcher zugänglich ist.

Die meisten Methoden zur Abschätzung englazialer Deformationsraten bedienen sich der so genannten Inklinometrie, also der zeitaufgelösten Messung der durch die Scherbewegung des Gletschers erzeugten allmählichen Neigung eines Bohrlochs oder eines im Eis eingefrorenen Instruments. Die so gewonnenen Daten sind allerdings nicht einfach zu interpretieren; die beobachteten Neigungskurven müssen zu diesem Zweck mit Modellkurven verglichen werden.

In der Vergangenheit wurden dafür meistens numerische Modelle herangezogen; diese sind für Approximationen allerdings unhandlich. Im Rahmen dieses Projekts ist es nun gelungen, analytische Lösungen für die Zeitentwicklung der Neigungswinkel zu finden.

Als Modell für die von den Instrumenten gemessenen Neigungswinkel betrachten wir die Abbildung eines Lagrange'schen (also materialfesten) Vektor-Inkrementes unter Deformation. Wenn dX_A die Komponenten eines solchen Vektor-Inkrementes und dx_i die entsprechenden Eulerschen Koordinaten (also das Abbild des Deformationsfelds) sind, dann ist die Zeitentwicklung des dx_i entsprechenden Einheitsvektors

$$e_i \frac{dx_i}{\sqrt{dx_j dx_j}} \quad (1)$$

gegeben durch

$$\dot{e}_i = L_{ij} e_j - e_j (e_j L_{jk} e_k) \quad (2)$$

wobei $L_{ij} = \partial v_i / \partial x_j$ die Komponenten des Gradienten der Geschwindigkeiten v_j sind. Der Neigungswinkel entspricht einfach dem Polarwinkel dieses Einheitsvektors in geeignet gewählten Koordinaten. Es stellt sich heraus, dass die sich aus Gl. (2) ergebende Zeitentwicklungsgleichung für den Polarwinkel von e_i sich – unter gewissen Annahmen für den Geschwindigkeitsgradienten L_{ij} – analytisch integrieren lässt, wobei in der Lösung neben zwei Integrationskonstanten die nicht-verschwindenden Komponenten L_{ij} auftauchen. Die so erhaltenen Kurven können an die gemessenen Neigungswinkelkurven angehängt werden und sollten diese – zumindest im Langzeittrend – zufriedenstellend reproduzieren. Die Komponenten L_{ij} können dann aus den Approximationen herausgelesen werden.

Im Sommer 2009 wurden in zwei Bohrlöchern auf der Zunge des Rhonegletschers Ketten mit je 5 Inklinometer-Sensoren installiert. Letztere messen in regelmässigen Zeitschritten

die Gravitations- und Erdmagnetfelder, sodass die Orientierung der Sensoren im Raum daraus bestimmt werden kann.

Abb. 34 und Abb. 35 zeigen die am Rhonegletscher gemessenen Neigungswinkel-Kurven, angenähert mit der analytischen Lösung der Entwicklungsgleichung (2) und den daraus bestimmten Komponenten des Geschwindigkeitsgradienten. Die analytischen Kurven können den Langzeittrend der Daten recht gut reproduzieren, obwohl die im temperierten Eis gemessenen Kurven viel Rauschen enthalten. Zum Vergleich ist in Abb. 36 noch die Approximation einer Neigungswinkel-Kurve, die 2006 am Gornergletscher im kalten Eis gemessen wurde, abgebildet; auch hier zeigt sich hervorragende Übereinstimmung von Theorie und Experiment.

Insgesamt scheint diese Methode gut geeignet, um aus den Langzeittrends gemessener Neigungswinkel-Kurven Rückschlüsse auf die Eisdeformation zu ziehen. Zukünftige Messungen sollten allerdings im kalten Eis durchgeführt werden, da dort eine bessere Kopplung der Messgeräte an das Eis zu erwarten ist. Die momentan im grönländischen Inlandeis laufende Messkampagne wird sicher weitere aufschlussreiche Daten und Erfahrungen liefern. Ein noch ungelöstes Problem ist die Frage, wie ein ganzes Orthonormalsystem (z.B. die drei gerätefesten Achsen eines Messgeräts) auf das Deformationsfeld reagiert. Hierfür muss die Auswirkung des Messgeräts auf das Fließfeld des umliegenden Eises miteinbezogen werden.

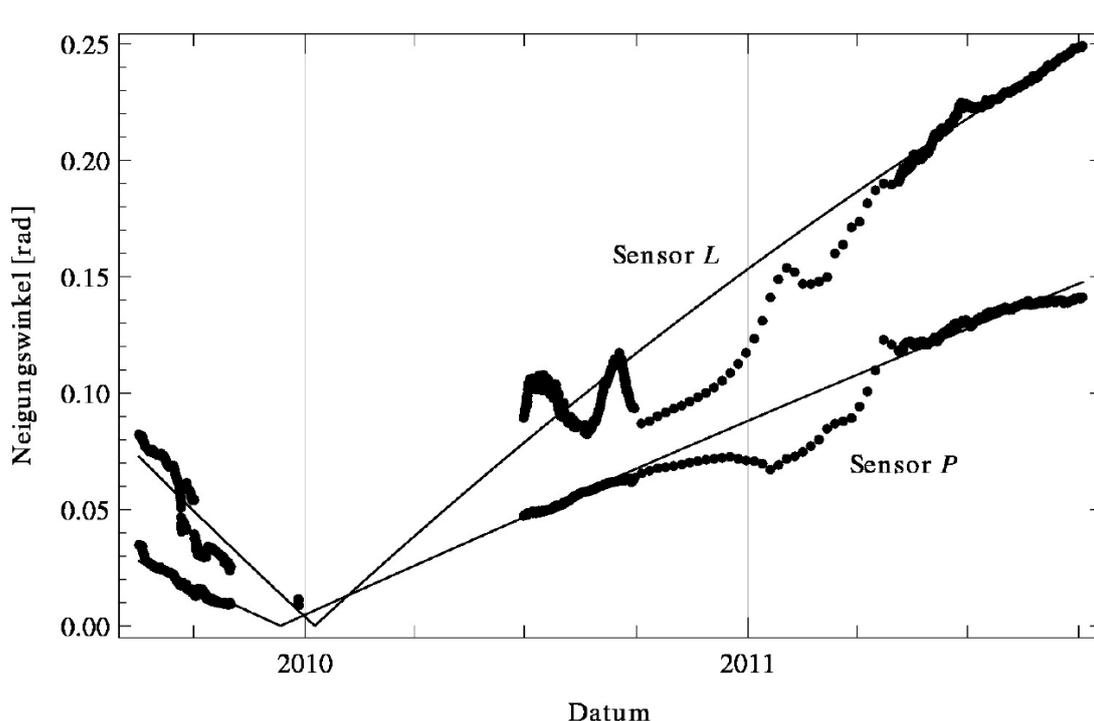


Abb. 34: Entwicklung der Neigungswinkel von Sensoren L (75 m über dem Gletscherbett) und P (58 m über dem Gletscherbett) am Rhonegletscher. Dünne Linie: Näherung mit Gl. (2), entsprechend $L_{13} = 5.55 \cdot 10^{-9} s^{-1}$ und $L_{33} = 3.40 \cdot 10^{-9} s^{-1}$ (Sensor L) bzw. $L_{13} = 2.73 \cdot 10^{-9} s^{-1}$ und $L_{33} = 8.18 \cdot 10^{-10} s^{-1}$ (Sensor P)

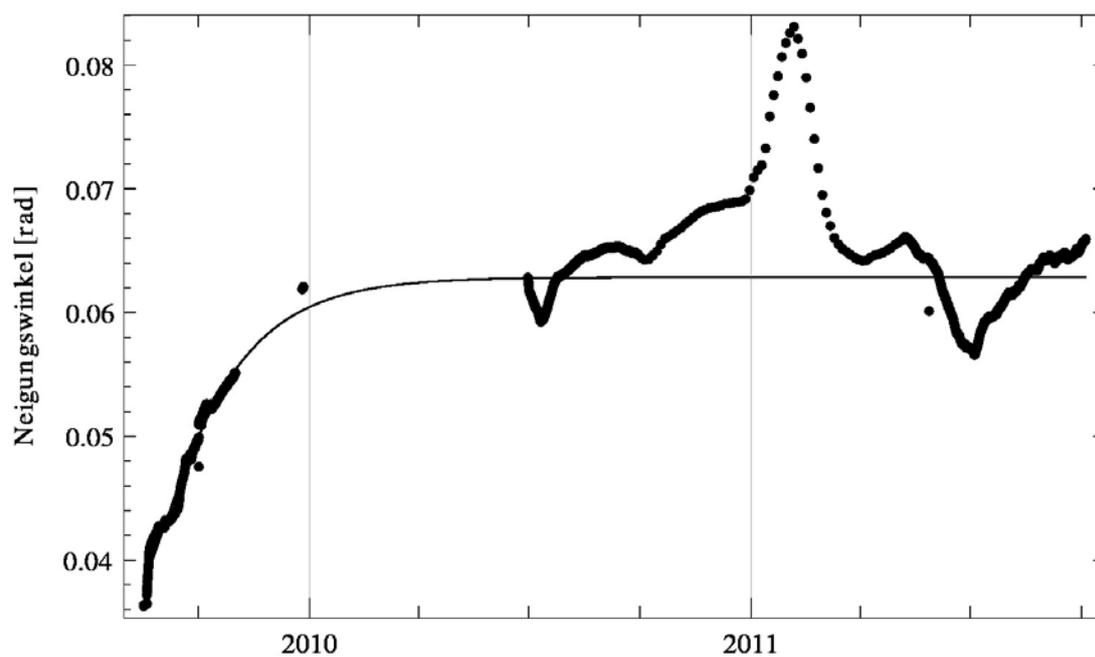


Abb. 35: Entwicklung des Neigungswinkels von Sensor Q (Rhonegletscher, 40 m über dem Gletscherbett). Dünne Linie: Näherung mit Gl. (2), entsprechend $L_{13} = 1.39 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$ und $L_{33} = 1.10 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$

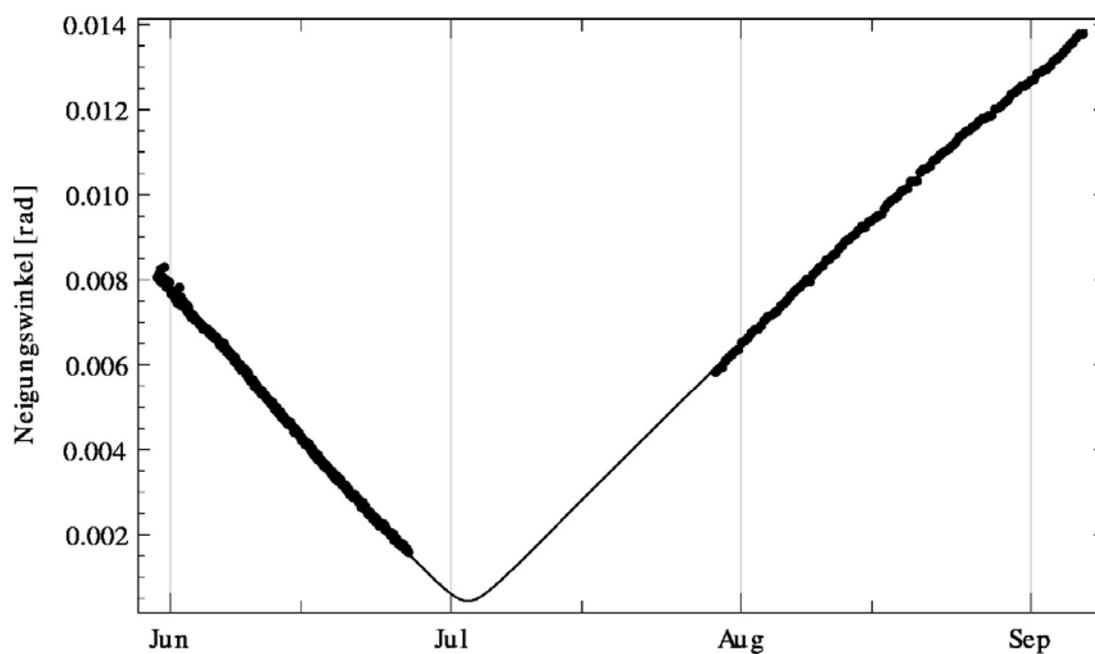


Abb. 36: Entwicklung des Neigungswinkels eines Sensors am Gornergletscher im Jahr 2006, 102 m über dem Gletscherbett. Dünne Linie: Näherung mit Gl. (2), entsprechend $L_{13} = 2.69 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$ und $L_{33} = 21.86 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$

Tiefbohrungen durch das Grönländische Inlandeis

Forschungsprojekt: Schweizerischer Nationalfonds
ETH Zürich
US National Science Foundation

Projektleiter: Dr. Martin Lüthi

Doktorandin: Claudia Ryser

Um die Gleitprozesse an der Basis des Grönländischen Eisschildes zu untersuchen, unternahm die Abteilung Glaziologie im Sommer 2011 eine sechswöchige Bohrkampagne in Grönland. Dieses Projekt war in enger Zusammenarbeit mit Projektpartnern aus den USA entstanden und wird vom Schweizerischen Nationalfonds, der US National Science Foundation sowie den einzelnen Universitäten unterstützt. Gleichzeitig führten Seismologen des Schweizerischen Erdbebendienstes (SED, ETH Zürich) in einem von der ETH finanzierten Projekt ergänzende seismologische Messungen durch.

Acht Tonnen Material und zwei Tonnen Treibstoff galt es, per Container nach Grönland und dann per Helikopter 80 Kilometer weit auf das Inlandeis zu transportieren (Abb. 37). Ein kleines Zeltdorf wurde auf der Eisoberfläche errichtet, mit persönlichem Schlafzelt, Aufenthaltszelt und Arbeitszelten. Mit der Heisswasser-Bohrausrüstung der VAW wurden sieben Löcher bis ans Gletscherbett geschmolzen, das sich in 620 Metern Tiefe befand. Diese Löcher wurden für verschiedene Experimente verwendet und schliesslich mit einem speziell entwickelten Sensor-System ausgerüstet, das die Eisbewegung und die sich ändernden Wasserdrücke unter dem Eis aufzeichnet (Abb. 38). Zusammen mit zusätzlichen Bewegungsmessungen an der Eisoberfläche lässt sich so das Gleiten des Eises über den Untergrund beobachten und seine Abhängigkeit von den Schwankungen des Wasserdrucks feststellen.



Abb. 37: Acht Tonnen Material und zwei Tonnen Treibstoff wurden mit einem S-61 Helikopter 80 Kilometer weit auf das Grönländische Inlandeis transportiert.

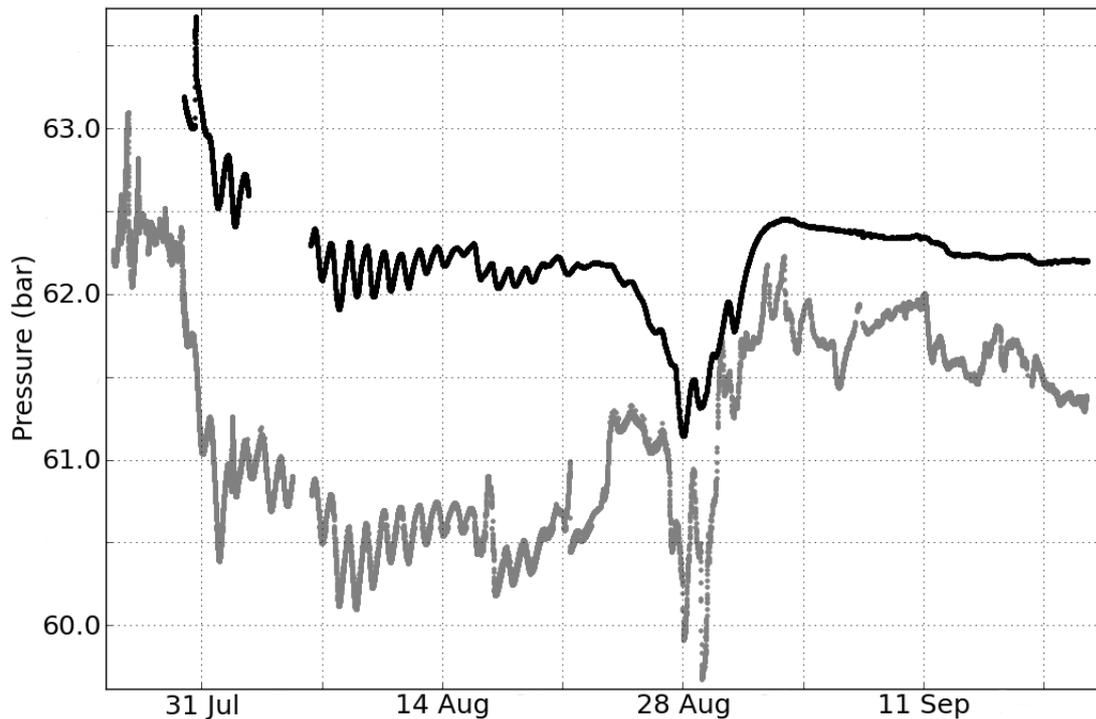


Abb. 38: Der in zwei Bohrlöchern am Gletscherbett gemessene Wasserdruck variiert täglich während der Schmelzsaison. Anfang September hört die Oberflächenschmelze mit täglich variierender Wasserzufuhr auf, und damit auch die Tagesschwankungen.

Nach einer erfolgreichen ersten Kampagne von drei Wochen Dauer reiste ein zweites Team aus der Schweiz und den USA an und führte weiter landeinwärts eine gleiche Serie von Messungen durch; diesmal galt es, eine Eisdicke von 700 Metern zu durchbohren, was etwa neun Stunden pro Loch in Anspruch nahm. Die Temperaturen während der Kampagne waren für grönländische Verhältnisse relativ mild, doch der stete, oft starke Wind machte sich unangenehm bemerkbar. Immerhin wurden wir von Stürmen verschont, die Logistik klappte wie geplant, und die Messgeräte zeichnen seit einigen Monaten eine einzigartige Serie von Werten auf, aus denen sich Rückschlüsse über die innere Dynamik des Grönländischen Eisschildes ziehen lassen. Diese Kenntnisse sind unabdingbar für verbesserte Modelle, mit denen sich Szenarien der zukünftigen Entwicklung des Grönländischen Eisschildes berechnen lassen.

2. LEHRE

2.1 Professur für Wasserbau und affillierte Lehraufträge

Departement Bau, Umwelt und Geomatik (D-BAUG)

Lehrveranstaltungen im Frühjahrssemester 2011

Boes, Robert

Prof. Dr. sc. techn., ordentlicher Professor

- **Wasserbau**
4 Std./Woche Vorlesung im 6. Sem. BSc (zusätzlich Übungen)
115 Studierende
- **Hochwasserschutz**
2 Std./Woche Vorlesung im 2. Sem. MSc (zusätzlich selbstständige Arbeit)
gemeinsam mit Hans Peter Willi
45 Studierende
- **Protection Measures**
Modul im Master of Advanced Studies (MAS) in Natural Hazards Management,
gemeinsam mit Prof. Dr. Sarah Springman, Prof. Dr. Martin Funk, Dr. Volker
Weitbrecht und Dr. Roland Fäh
13 Studierende
- Masterarbeiten im Wasserbau 12 Masterkandidaten
- Bachelorarbeiten im Wasserbau 5 Bachelorkandidaten
- Projektarbeiten im Wasserbau 20 Studierende
- Kleine Projektarbeiten im Wasserbau 19 Studierende

Hager, Willi H.

Prof. Dr. sc. techn., Titularprofessor (Lehrauftrag)

- **Wissenschaftliche Arbeitsmethoden**
2 Std./Woche Vorlesung im 2. Sem. MSc (zusätzlich Übungen)
11 Studierende

Fäh, Roland

Dr. sc. techn. (Lehrauftrag)

- **Protection Measures**
Modul im Master of Advanced Studies (MAS) in Natural Hazards Management,
gemeinsam mit Prof. Dr. Sarah Springman, Prof. Dr. Robert Boes, Prof. Dr. Martin
Funk und Dr. Volker Weitbrecht
13 Studierende

Weitbrecht, Volker
Dr.-Ing. (Lehrauftrag)

- **Fach- und Computerlabor II**
 2 Std./Woche Übung / Labor im 2. Sem. MSc
 gemeinsam mit fünf weiteren Dozenten
 4 Studierende

- **Protection Measures**
 Modul im Master of Advanced Studies (MAS) in Natural Hazards Management,
 gemeinsam mit Prof. Dr. Sarah Springman, Prof. Dr. Robert Boes, Prof. Dr. Martin
 Funk und Dr. Roland Föh
 13 Studierende

Bezzola, Gian Reto
Dr. sc. techn., Bundesamt für Umwelt (Lehrauftrag)

- **Flussbau**
 2 Std./Woche Vorlesung im 2. Sem. MSc (zusätzlich Übungen)
 42 Studierende

Margreth, Stefan
Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF (Lehrauftrag)

- **Schnee, Lawinen, Schutzkonzepte**
 2 Std./Woche Vorlesung im 2. Sem. MSc (zusätzlich Übungen)
 gemeinsam mit Dr. Jürg Schweizer
 113 Studierende

Schweizer, Jürg
Dr. sc. nat., Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF (Lehrauftrag)

- **Schnee, Lawinen, Schutzkonzepte**
 2 Std./Woche Vorlesung im 2. Sem. MSc (zusätzlich Übungen)
 gemeinsam mit Stefan Margreth
 113 Studierende

Willi, Hans Peter
Bundesamt für Umwelt (Lehrauftrag)

- **Hochwasserschutz**
 2 Std./Woche Vorlesung im 2. Sem. MSc
 gemeinsam mit Prof. Dr. Robert Boes
 45 Studierende

Lehrveranstaltungen im Herbstsemester 2011

Boes, Robert

Prof. Dr. sc. techn., ordentlicher Professor

- **Wasserbau II**
4 Std./Woche Vorlesung im 1. Sem. MSc (zusätzlich Übungen)
48 Studierende
- **Ausgewählte Kapitel aus dem Wasserbau**
2 Std./Woche Vorlesung im 1./3. Sem. MSc (zusätzlich selbstständige Arbeit)
gemeinsam mit externen Referenten aus dem Wasserbau
27 Studierende
- Masterarbeiten im Wasserbau 13 Masterkandidaten
- Projektarbeiten im Wasserbau 16 Studierende

Funk, Martin

Prof. Dr. sc. nat., Titularprofessor (Lehrauftrag)

- **Angewandte Glaziologie**
2 Std./Woche Vorlesung im 3. Sem. MSc (zusätzlich selbstständige Arbeit)
gemeinsam mit Dr. Andreas Bauder
101 Studierende

Hager, Willi H.

Prof. Dr. sc. techn., Titularprofessor (Lehrauftrag)

- **Abwasserhydraulik**
2 Std./Woche Vorlesung im 1./3. Sem. MSc
25 Studierende

Bauder, Andreas

Dr. sc. nat. (Lehrauftrag)

- **Angewandte Glaziologie**
2 Std./Woche Vorlesung im 3. Sem. MSc (zusätzlich selbstständige Arbeit)
gemeinsam mit Prof. Dr. Martin Funk
101 Studierende

Fäh, Roland

Dr. sc. techn. (Lehrauftrag)

- **Numerische Modellierung im Wasserbau**
2 Std./Woche Vorlesung im 3. Sem. MSc (zusätzlich Übungen)
11 Studierende

Weitbrecht, Volker
Dr.-Ing. (Lehrauftrag)

- **Flussmorphologie und naturnaher Wasserbau**
 2 Std./Woche Vorlesung im 1./3. Sem. MSc (zusätzlich Übungen)
 gemeinsam mit Dr. Martin Jäggi
 41 Studierende

Jäggi, Martin

Dr. sc. techn., Jäggi Flussbau und Flussmorphologie (Lehrauftrag)

- **Flussmorphologie und naturnaher Wasserbau**
 2 Std./Woche Vorlesung im 1./3. Sem. MSc (zusätzlich Übungen)
 gemeinsam mit Dr. Volker Weitbrecht
 41 Studierende

Exkursionen im Frühjahrssemester 2011

- | | |
|------------|---|
| 08.04.2011 | <p>Exkursion Projektarbeit Basisjahr</p> <p>Besichtigung des Rheins bei Stein am Rhein als Grundlage für eine Studie zur Regulierung des Bodensees.</p> <p>Teilnehmer: Assistenz und 18 Studierende des 2. Semesters BSc der Studiengänge Bau- und Umweltingenieurwissenschaften sowie Geomatik und Planung.</p> |
| 15.04.2011 | <p>Exkursion im Fach Wasserbau</p> <p>Exkursion zum Kraftwerk Reichenau (Domat/Ems), zum Kraftwerk Sils und zur Stauanlage Solis mit Baustelle des Geschiebeumleitstollens.</p> <p>Teilnehmer: Prof. Dr. Robert Boes, Assistenz und 64 Studierende des 6. Semesters BSc der Studiengänge Bau- und Umweltingenieurwissenschaften.</p> |
| 03.05.2011 | <p>Exkursion im Fach Hochwasserschutz</p> <p>Besichtigung des Schwemmhölzrückhalts Ettisbühl und des Kleinwasserkraftwerks bei Malter sowie des umgebauten Reusswehrs in Luzern.</p> <p>Teilnehmer: Prof. Dr. Robert Boes, Dr. Volker Weitbrecht, Assistenz, VAW-Mitarbeiter und 20 Studierende des 2. Semesters MSc der Studiengänge Bau- und Umweltingenieurwissenschaften.</p> |

- 19.06.2011 Exkursion im Fach Flussbau
Besichtigung von Hochwasserschutzmassnahmen an der Thur bei Altikon und Andelfingen.
Teilnehmer: Dr. Gian Reto Bezzola, Dr. Christian Marti (AWEL, Kanton Zürich), Assistenz und 27 Studierende des 2. Semesters MSc der Studiengänge Bau- und Umweltingenieurwissenschaften.
- 14.06.2011 - Exkursion für Wasserbau-Vertiefer
17.06.2011
Besichtigung von aktuellen wasserbaulichen Projekten in Österreich, Deutschland (Bayern) und der Schweiz. Es wurden besucht:
- Baustelle Kraftwerk Bruckhäusl (A)
 - Wasserfassung Kraftwerk Schwarzach (A)
 - Baustelle Pumpspeicherkraftwerk Reisseck II (A)
 - Baustelle Flusskraftwerk Lehen, Salzburg (A)
 - Hochwasserschutz Unteres Mangfalltal (D)
 - Renaturierungsmassnahmen an der Isar in München (D) (Abb. 39)
 - Hochwasserrückhaltebecken Weidachwiesen an der Oberen Iller (D)
 - Flusskraftwerk Thurfeld in Schönenberg TG
- Teilnehmer: Prof. Dr. Robert Boes, Assistenz und 15 Studierende des 2. Semesters MSc der Studiengänge Bau- und Umweltingenieurwissenschaften.



Abb. 39: Exkursion zu Renaturierungsmassnahmen an der Isar in München am 16.06.2011

Exkursionen im Herbstsemester 2011

- 06.10.2011 Exkursion im Fach Flussmorphologie
Besichtigung der flussbaulichen Massnahmen an ausgewählten Abschnitten der Bünz und der Reppisch.
Teilnehmer: Dr. Volker Weitbrecht, VAW-Mitarbeiter, Assistenz und 18 Studierende des 1./3. Semesters MSc der Studiengänge Bau- und Umweltingenieurwissenschaften.
- 13.10.2011 Exkursion im Fach Ausgewählte Kapitel aus dem Wasserbau
Baustellenbesichtigung der Kraftwerke und der Wasserversorgungsanlagen der "Wasserwelten Flims".
Teilnehmer: Assistenz und 19 Studierende des 1./3. Semesters MSc der Studiengänge Bau- und Umweltingenieurwissenschaften.
- 02.11.2011 und 09.11.2011 Exkursion im Fach Angewandte Glaziologie
Besichtigung der Forschungsstation auf dem Jungfrauojoch
Teilnehmer: Prof. Dr. Martin Funk, Dr. Andreas Bauder und insgesamt 72 Studierende der MSc-Studiengänge Bau- und Umweltingenieur- sowie Erd- und Umweltwissenschaften
- 08.11.2011 Exkursion im Fach Wasserbau II
Besichtigung der Wasserkraftwerke Lungernersee / Kaiserstuhl: Kavernenzentrale an der Unteraa bei Giswil (Abb. 40) und Baustelle des Speicherstollens an der Überleitung von der Kleinen Melchaa.
Teilnehmer: Prof. Dr. Robert Boes, Assistenz und 24 Studierende des 1./3. Semesters MSc der Studiengänge Bau- und Umweltingenieurwissenschaften.

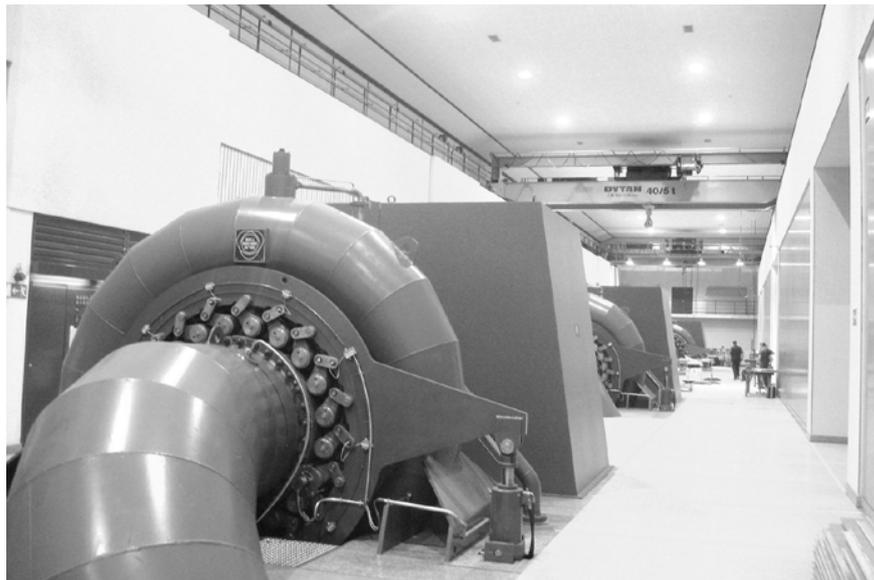


Abb. 40: Exkursion zum Wasserkraftwerk Lungernersee (Zentrale) am 08.11.2011

Masterarbeiten im Frühjahrssemester 2011

Alessandro Agazzi: Numerische Modellierung von Aufweitungen und Empfehlungen zum Uferschutz (Betreuung: Thomas Berchtold)

Claudia Alig: Zeigerlawinen (in Zusammenarbeit mit Dr. Jürg Schweizer und Lukas Stoffel, Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos)

Thomas Joos: Kleinwasserkraftwerk Wissbach – Machbarkeitsstudie (Betreuung: David Felix, Pietro Garbani Nerini; in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Hinterrhein)

Michael Kurmann: Wirkung eines Deflektors auf Schussrinnenbelüfter (Betreuung: Prof. Dr. Willi H. Hager, Jill Lucas)

Florian Meier: Kraftwerk Robbia: Erneuerung der Ostbeileitung (Salva und Braitia) (Betreuung: David Felix, Pietro Garbani Nerini; in Zusammenarbeit mit Renato Vassella, Repower)

André Meng: Verbesserung der Hochwassersicherheit der Eulach bei Räterschen (Betreuung: Elena Krasovskaya; in Zusammenarbeit mit Stefano Pellandini, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Kanton Zürich).

Nicolas Meystre: Kleinwasserkraftwerk Wissbach – Machbarkeitsstudie (Betreuung: David Felix, Pietro Garbani Nerini; in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Hinterrhein)

Daniela Michel: Hochwasserentlastung der Stauanlage Marmorera (Betreuung: David Felix, Pietro Garbani Nerini; in Zusammenarbeit mit Andreas Siegfried, ewz)

Stephanie Morach: Geschiebemessungen mittels Geophonen bei hohen Fließgeschwindigkeiten (Betreuung: Christian Auel)

André Müller: Aufgelöste unstrukturierte Blockrampen (Betreuung: Simona Tamagni)

Beat Müller: Kleinwasserkraftwerk Wissbach – Machbarkeitsstudie (Betreuung: David Felix, Pietro Garbani Nerini; in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Hinterrhein)

Bastian Schmid: Geschiebetransport-Untersuchung in einem Gebirgsbach am Riedbach VS (in Zusammenarbeit mit Dr. Dieter Rickenmann, Dr. Jens Martin Turowski, Johannes Schneider; Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL)

Masterarbeiten im Herbstsemester 2011

Mathias Arnold: Numerische Validierung eines Turbulenzmodells (Betreuung: Patric Rousselot)

Dorian Böhringer: 2D-hydrnumerische Modellierung des Geschiebetransportes der Töss im Bereich Mittlere Aue, Leisental (Betreuung: Dr. Martin Detert)

Christian Bossart: Hydrodynamische und morphologische 1D Modellierung an der Öztaler Ache (Betreuung: Christian Volz)

Roman Deflorin: Numerische Simulation zur Reduktion des Kurvenkolkes in der Rhein-vorstreckung (Betreuung: Patric Rousselot)

Liliana Demarchi (Universität Zürich): Einfluss der Wasserführung auf das Erscheinungsbild und die Akustik von Wasserfällen (Betreuung: Elena Krasovskaya, Nico Sauter)

Florian Hinkelammert: Evaluierung des Einsatzes freier Geoinformationssysteme für die 2D hydraulische Modellierung mit BASEMENT (Betreuung: Christian Volz)

Michel Jaeger: Flow-pressure pattern induced entrainment on a gravel bed (Betreuung: Dr. Martin Detert; in Zusammenarbeit mit Dr. Graeme Smart, National Institute of Water and Atmospheric Research, New Zealand)

Aline Meier: Hochwasserschutz an der Seez – hydraulische Berechnungen (Betreuung: Elena Krasovskaya; in Zusammenarbeit mit Daniel Zimmermann, Niederer und Pozzi Umwelt AG, Uznach)

Silas Menberg: Einfluss der Feinsedimente auf die Sohlentwicklung im Modellversuch (Betreuung: Thomas Berchtold)

Andreas Meyer (Universität Innsbruck): Lufteintrag durch Einlaufwirbel – Hydraulische Modellversuche zur Modellfamilie (Betreuung: Georg Möller)

Guillaume Morier-Genoud: Wasserkraftwerke Bondo II und Castasegna II (Bergell) – Vorprojekt (Betreuung: Pietro Garbani Nerini).

Simon Streit: Aufgelöste unstrukturierte Blockrampen – Einfluss der Geschiebezugabe auf das Rampenverhalten (Betreuung: Simona Tamagni)

Franziska Wyder: Wasserkraftwerke Bondo II und Castasegna II (Bergell) – Vorprojekt (Betreuung: Pietro Garbani Nerini).

Bachelorarbeiten im Frühjahrssemester 2011

Lorenz Ammann, Christian Greber, Nicolas Keller, Martin Lustenberger, Corine Uhlmann: Sedimenteintrag in alpine Stauanlagen (Betreuung: David Felix, Pietro Garbani Nerini)

Projektarbeiten im Frühjahrssemester 2011

Im Frühjahrssemester 2011 befassten sich 13 Studierende mit dem Thema "Beurteilung der Hochwasser- und Betriebssicherheit der Wasserkraftanlage Handeck" im Rahmen einer Projektarbeit in Zusammenarbeit mit den Kraftwerken Oberhasli (KWO). Fünf weitere Studierende bearbeiteten in ihrer Projektarbeit das Thema "Alpenrhein: Hochwasserschutzmassnahmen Internationale Strecke". Von jeweils einem Studenten wurden die Themen "Automatisierte Objekterkennung zur in-situ Korngemetrieanalyse" und "Numerische 2D-Modellierung des Geschiebetriebes am neuen Flaz" bearbeitet. Insgesamt verfassten 20 Studierende im Frühjahrssemester 2011 eine Projektarbeit im Wasserbau.

Projektarbeiten im Herbstsemester 2011

Im Herbstsemester 2011 bearbeiteten insgesamt 16 Studierende eine Projektarbeit im Wasserbau. Acht von ihnen wählten das Thema "Erweiterung des Kraftwerkes Silvaplana – Machbarkeitsstudie", welches in Zusammenarbeit mit Repower AG durchgeführt wurde. Sechs weitere Studierende untersuchten, wie sich die "Hochwassersicherheit der Eulach bei Räterschen" verbessern lässt. Jeweils ein Student bearbeitete in einer Projektarbeit das Thema "Analyse der Unterwasser-Rutschpropagation bei der Entstehung von Impulswellen" bzw. "Machbarkeitsstudie eines Kleinwasserkraftwerks in der Leventina".

Projektarbeiten Basisjahr im Herbstsemester 2011

Als Thema für die Projektarbeit Basisjahr wurde die Frage der Bodenseeregulierung aufgegriffen. Das Thema ermöglichte 21 Studierenden des 2. Semesters, wasserbauliche Fragestellungen kennenzulernen.

Von der Professur herausgegebene Vorlesungsunterlagen

Boes, Robert: Wasserbau (für Wasserbau und Wasserbau II)	Textbuch
Boes, Robert; Willi, Hans Peter: Hochwasserschutz	Textbuch
Bezzola, Gian Reto: Flussbau	Textbuch
Fäh, Roland: Numerische Modellierung von Fließgewässern	Textbuch
Funk, Martin: Angewandte Glaziologie	Unterlagen
Hager, Willi H.: Wissenschaftliche Arbeitsmethoden	Textbuch

2.2 Lehraufträge für Glaziologie an der ETH Zürich

Departemente Umweltwissenschaften (D-UWIS), Erdwissenschaften (D-ERDW), Mathematik (D-MATH) und Physik (D-PHYS)

Lehrveranstaltungen im Frühjahrssemester 2011

Prof. Dr. Kolmban Hutter

- **Theoretische Glaziologie II**
3 Std./Woche Vorlesung im MSc-Studium

Dr. Gudmundur Hilmar Gudmundsson

- **Physik der Gletscher II**
3 Std./Woche Vorlesung im MSc-Studium

Lehrveranstaltungen im Herbstsemester 2011

Dr. Andreas Bauder

- **Seminar in Glaziologie**
1 Std./Woche Vorlesung im MSc-Studium

Prof. Dr. Heinz Blatter (Institut für Atmosphäre und Klima, ETH Zürich)

Prof. Dr. Martin Funk

- **Kryosphäre**
2 Std./Woche Vorlesung im 5. Sem. BSc-Studium

Dr. Martin Lüthi

Prof. Dr. Martin Funk

- **Physik der Gletscher I**
3 Std./Woche Vorlesung im MSc-Studium

Prof. Dr. Kolomban Hutter

- **Theoretische Glaziologie I**
3 Std./Woche Vorlesung im MSc-Studium

Masterarbeiten im Frühjahrssemester 2011

Andreas Sidler: Rekonstruktion von Gletscher-Höhenmodellen (MSc Bauingenieurwissenschaften; Betreuung: Samuel Wiesman, Dr. Andreas Bauder)

Bachelorarbeiten im Frühjahrssemester 2011

Noemi Ambauen: An analysis of the evolution of debris cover over Swiss glaciers (BSc Bauingenieurwissenschaften; Betreuung: Dr. Francesca Pellicciotti, Dr. Andreas Bauder)

Anja Rutishauser: Measuring the spatial snow and firn distribution on glacier ice using GPR (BSc Erdwissenschaften; Betreuung: Prof. Dr. Hansrudolf Maurer, Dr. Andreas Bauder)

Roland Schenkel: Rekonstruktion von Gletscher-Höhenmodellen (BSc Bauingenieurwissenschaften; Betreuung: Samuel Wiesmann, Dr. Andreas Bauder)

Eva Sutter: Feasibility of low and intermediate-frequency GPR applications on temperate glaciers (BSc Erdwissenschaften; Betreuung Prof. Dr. Hansrudolf Maurer, Dr. Andreas Bauder)

Matthias Zweifel: Einsatz und Vergleich von Ground Penetrating Radar (GPR) Systemen und ihren Konfigurationen zur Untersuchung des Gletscherbettes (BSc Erdwissenschaften; Betreuung: Prof. Dr. Hansrudolf Maurer, Dr. Andreas Bauder)

3. VERANSTALTUNGEN MIT DER VAW

3.1 Internationale Konferenz zu Ehren von Prof. Dr. Kolomban Hutter

Am 18.02.2011 fand an der ETH Zürich die Internationale Konferenz "On the Diversity of Research on Geophysical and Environmental Sciences" zu Ehren von Prof. Dr. Kolomban Hutter anlässlich seines 70. Geburtstags statt. Es wurden 10 Vorträge vor rund 60 Teilnehmern gehalten, begleitet von angeregten Diskussionen in einer sehr freundschaftlichen Atmosphäre. Die Konferenz wurde finanziell vom Springer Verlag, von BG Ingénieurs Conseils, den Departementen Umweltwissenschaften (UWIS), Erdwissenschaften (ERDW), Bau, Umwelt und Geomatik (BAUG) der ETH Zürich sowie der Hokkaido University unterstützt.

3.2 Treffpunkt Science City "Wasser – Energiequelle und Bedrohung"

Treffpunkt Science City ist das jeden Frühling und Herbst stattfindende populäre Wissenschaftsprogramm der ETH Zürich, das einem breiten Publikum mit Kurzvorlesungen, Demonstrationen, Laborbesuchen, Ausstellungen und Rundgängen ein Fenster in die Welt der Forschung und Lehre öffnet. Die Frühlingsveranstaltung 2011 stand ganz im Zeichen des Wassers; das Modul "Wasser – Energiequelle und Bedrohung" fand am 20.03.2011 unter massgeblicher Mitwirkung der VAW statt.

In seiner Kurzvorlesung "Wasser nutzen – vor Wasser schützen" legte Prof. Robert Boes dar, wie Ingenieure die Kraft des Wassers erforschen, um es einerseits als Energiequelle zu erschliessen und andererseits vor seiner Zerstörungskraft zu schützen.

Woher unser Wasser kommt, welche Rolle die Gletscher für unseren Wasserhaushalt spielen und was geschieht, wenn sie wegschmelzen, führte Prof. Martin Funk in seiner Kurzvorlesung "Wasserschlosser aus Eis" aus.

In der Demonstration "Wie Flüsse fliessen" machten Mitarbeiter der Abteilung Angewandte Numerik anschaulich, wie sie das Strömungsverhalten des Wassers mit Hilfe des Computers berechnen, wie sie das Fliesen von Flüssen simulieren und Modelle für den Fluss- und Wasserbau entwickeln und anwenden.

Im abschliessenden Rundgang durch die Versuchshallen der VAW konnten die rund 130 Interessierten im Strömungslabor die Simulation eines Tsunami erleben. Anhand realitätsnaher Modelle zeigten die Wissenschaftler der VAW die Modellierung eines Flusskraftwerks an der Aare, die Planung des Hochwasserschutzes an der Sihl und die Untersuchung der Talsperre des Stausees Räterichsboden an der Grimsel.

3.3 ICOLD Annual Meeting 2011

Vom 29. Mai bis 03. Juni fand in Luzern das 79. Jahrestreffen der *International Commission on Large Dams* (ICOLD) statt, das vom Schweizerischen Talsperrenkomitee organisiert wurde und mit über tausend Teilnehmern überaus grosses Interesse gefunden hat. In diesem Rahmen wurde am 01. Juni 2011 ein Talsperrensymposium zum Thema DAMS AND RESERVOIRS UNDER CHANGING CHALLENGES abgehalten. Dessen Organisation lag gleichermaßen beim *Laboratoire de Constructions Hydrauliques* (LCH) der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne und der VAW. Nach den Eröffnungsansprachen des Schweizerischen Talsperrenpräsidenten, des Stadtpräsidenten von Luzern, des Direktors des Bundesamtes für Energie, des ICOLD-Präsidenten u.a. hielt der chinesische Vizeminister für Wasserwirtschaft eine Grundsatzrede zum Stellenwert der Talsperren in seinem Land. Anschliessend wurden in fünf Sessionen insgesamt 24 Vorträge zu den Unterthemen *Langzeitverhalten von Talsperren*, *Talsperren und Naturgefahren*, *Talsperren und Klimawandel* sowie *Talsperren in einer intakten Umwelt* präsentiert. 106 von 170 eingereichten Fachartikeln wurden in einem Tagungsband (Hrsg. Schleiss & Boes) publiziert.

Neben der Mitorganisation des Symposiums waren zahlreiche VAW-Mitarbeiter die ganze Woche des Jahrestreffens über in administrativen und organisatorischen Belangen vor Ort tatkräftig im Einsatz und trugen auf diese Weise mit zu einer von vielen Teilnehmern als sehr positiv bewerteten Veranstaltung bei.

3.4 Kolloquium "Wasserbau, Hydraulik, Hydrologie"

Am 05. September 2011 fand an der ETH Zürich ein von der VAW veranstaltetes Festkolloquium anlässlich des 60. Geburtstags von Prof. Dr. Willi H. Hager statt. Im Kreis von ca. 70 Teilnehmern referierten namhafte Wegbegleiter des Jubilars zu Themen, die zumeist mit dessen weitreichendem Wirkungsgebiet zusammenfielen. Einführend würdigte Prof. em. Helmut Kobus (Universität Stuttgart) Prof. Hagers beruflichen Werdegang mit besonderem Fokus auf die langjährige Mitarbeit in der IAHR. Ergänzend hob Prof. em. Daniel Vischer (ETH Zürich) als ehemaliger Direktor der VAW in seiner gewohnt humorvollen Art Prof. Hagers langjähriges Wirken im hydraulischen Versuchswesen hervor. In der anschliessenden Reihe von Fachvorträgen stellte Prof. Peter Rutschmann (Technische Universität München) aktuelle Projekte seines Instituts mit hydraulischen Schwerpunkten vor, Prof. Paolo Burlando (ETH Zürich) knüpfte an die hydrologischen Forschungsbeiträge des Jubilars an und Prof. Anton Schleiss (EPF, Lausanne) umriss die Entwicklung von Klaviertastenwehren. Nach Prof. Corrado Gisonnis (Seconda Università di Napoli) Überblick über die Abwasserhydraulik und Lukas Schmockers (ETH Zürich) Anwendungsbeispiel zur Hydraulik von Damnbrüchen wurde das Kolloquium von Prof. Vladimir Nikora (University of Aberdeen) mit einem Vortrag über die Effekte rauer Gerinnesohlen beendet. Die Festveranstaltung klang bei angenehmem Herbstwetter mit einem Aperitif auf der Dachterrasse des ETH-Hauptgebäudes aus.

Die VAW dankt allen Beteiligten, die zu der gelungenen Veranstaltung beigetragen haben, insbesondere den Sponsoren AF-Consult Switzerland AG, Baden, Departement Bau, Umwelt und Geomatik der ETH Zürich, Lombardi SA Engineering Ltd., Minusio und dem Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband, Baden.

3.5 Besuche und Führungen

Die Versuchshallen der VAW bieten den Studierenden der ETH Zürich und anderer Bildungseinrichtungen, aber auch Fachleuten und Interessierten die Möglichkeit, anhand der physikalischen Modelle anschaulich einen Einblick in die Forschungsarbeit des Instituts zu erhalten. So finden die zahlreichen, durch die Mitarbeiter betreuten und häufig von Vorträgen zu aktuellen wasserbaulichen Problemen begleiteten Führungen zu den laufenden Projekten und dem Versuchshallenbetrieb allgemein grossen Anklang.

Im Jahr 2011 fanden 34 Führungen statt; insgesamt besichtigten 763 Personen die VAW (Abb. 41). Ganz besonders hat uns gefreut, dass das Staatssekretariat für Bildung und Forschung u.a. die VAW als Ziel für seinen alle zwei Jahre stattfindenden Amtsausflug gewählt hat.

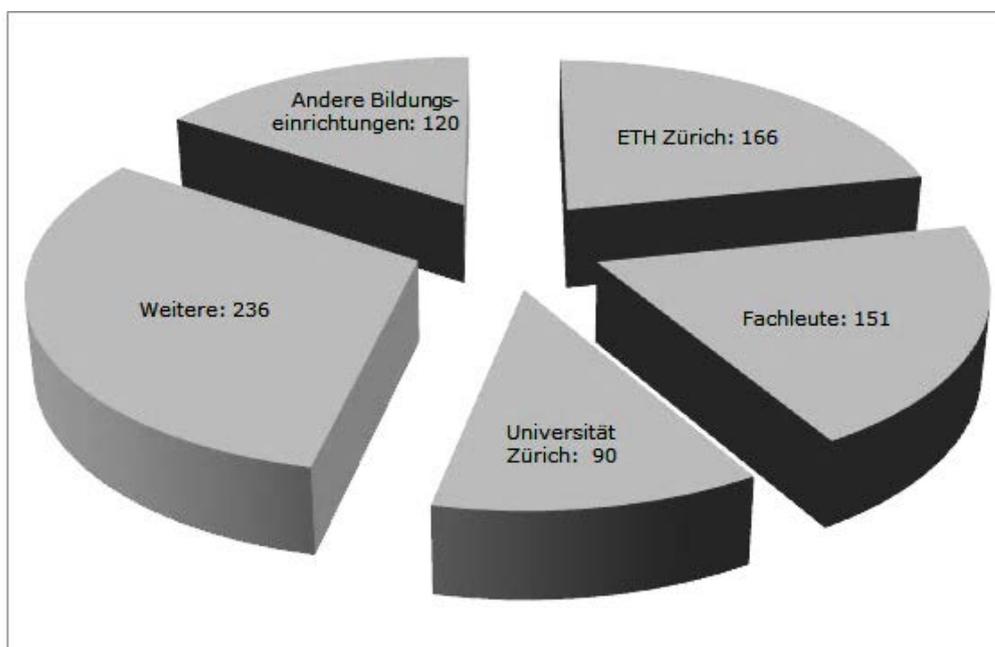


Abb. 41: Statistik der Führungen durch die VAW im Jahr 2011 (Anzahl Personen)

Vorträge und Führungen durch die Versuchshallen

04.02.2011	Kantonsschule im Lee, Winterthur; 48 Personen
09.03.2011	Betriebselektriker der ETH Zürich; 11 Personen
20.03.2011	Teilnehmer am Treffpunkt Science City "Wasser – Energiequelle und Bedrohung"; 130 Personen
06.05.2011	Bau- und Umweltingenieurstudierende der ETH Zürich,
13.05.2011	Vorlesung "Wasserbau"; 110 Personen
18.05.2011	Bauingenieurstudierende der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW; 12 Personen
18.05.2011	Bau- und Umweltingenieurstudierende der ETH Zürich, Vorlesung "Wissenschaftliche Arbeitsmethoden"; 15 Personen

- 03.06.2011 Wasserbauexperten aus Japan; 3 Personen
- 17.06.2011 Verkehrsbetriebe Zürich VBZ; 12 Personen
- 20.06.2011 Wasserkraftexperten aus Schweden (Fortum und Sweco); 5 Personen
- 21.06.2011 ewp AG Ingenieure, Planer, Geometer; 20 Personen
- 22.06.2011 Ingenieurbüro tagmar + partner ag; 12 Personen
- 27.06.2011 Neue Schule Zürich; 17 Personen
- 05.07.2011 Kantonsschule Thun; 19 Personen
- 12.07.2011 Delegation des Bundesamtes für Energie (BFE) mit einem Energiefachmann der US-Senatsverwaltung; 4 Personen
- 25.07.2011 Hochwasserschutzexperten aus China; 5 Personen
- 29.07.2011 Flussbauexperten aus den USA; 2 Personen
- 23.08.2011 Staatssekretariat für Bildung und Forschung, Bern; 88 Personen
- 31.08.2011 Kinderprogramm des Kongresses der European Association of Agricultural Economists; 6 Personen
- 05.09.2011 Flussbauexperte aus Aberdeen; 1 Person
- 15.09.2011 Entsorgung und Recycling Zürich; 4 Personen
- 19.09.2011 Experten für Niederdruckanlagen aus Deutschland und der Schweiz; 12 Personen
- 19.09.2011 Wasserkraftexperten aus Norwegen; 22 Personen
- 27.09.2011 Kantonsingenieur des Kantons Luzern; 1 Person
- 03.10.2011 Wasserbauexperte aus Japan; 1 Person
- 05.10.2011 Geographiestudierende der Universität Zürich; 90 Personen
- 04.11.2011 Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich; 16 Personen
- 08.11.2011 Hochwassermanagement Zürichsee-Sihl-Limmat, Lenkungsausschuss; 12 Personen
- 09.11.2011 Stadt Zürich, Umsetzung Gefahrenkarte; 12 Personen
- 09.11.2011 Wasserbauexperte der Bundesanstalt für Wasserbau, Deutschland; 1 Person
- 14.11.2011 Wasserkraftexperten von Lahmeyer International GmbH, Deutschland, und Stucky S.A., Renens; 3 Personen
- 05.12.2011 Kantonsschule Oerlikon; 24 Personen
- 06.12.2011 Bau- und Umweltingenieurstudierende der ETH Zürich, Vorlesung "Abwasserhydraulik"; 30 Personen
- 06.12.2011 Wasserbauexperten von Electricité de France; 2 Personen
- 15.12.2011 Tiefbauamt der Stadt Zürich; 13 Personen

3.6 Öffentliche Kolloquien

a) Frühjahrssemester

- 01.03.2011 Prof. Dr. Holger Schüttrumpf
Lehrstuhl und Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft,
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
Faszination Küsteningenieurwesen
- 29.03.2011 Dr. Tobias Lang
Wasserwirtschaftsamt Weilheim (D)
Die geplante Ertüchtigung des Sylvensteinstaudamms
- 19.04.2011 Dr. Martin Jäggi
Beratender Ingenieur für Flussbau und Flussmorphologie, Ebmatingen
Das Hochwasserschutzprojekt Lüttschental BE – Umgang mit einem
Extremereignis
- 17.05.2011 Dr. Minh Duc Bui
Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität
München
Numerische Simulation von fraktioniertem Sedimenttransport in
Flüssen: Schwierigkeit und annähernde Lösung

b) Herbstsemester

- 25.10.2011 Dr. Dieter Rickenmann
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL),
Birmensdorf
Geschiebetransport in Wildbächen: Messungen und Berechnungen
- 08.11.2011 Prof. Dr. Christoph Heinzelmann
Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe (D)
Neue Wege im Verkehrswasserbau
- 22.11.2011 Martin Aemmer
Pöyry Energy AG, Zürich
Erhöhung bestehender Stauanlagen – eine besondere Herausforderung
- 06.12.2011 Dr. Denis Aelbrecht
Thomas Viard
Electricité de France (EdF), Le Bourget du Lac (F)
Engineering needs and modeling progress on landslide-induced
wave risks at Electricité de France

3.7 Seminar für Doktorierende

a) Frühjahrssemester

- 21.02.2011 Dr. Martin Detert
Automatisierte Objekterkennung mittels Matlab – Anwendungsbeispiele zu fotooptischen Messverfahren
- 14.03.2011 Jill Lucas
Fischabstieg Dotierkraftwerk Rüchlig
- 28.03.2011 Prof. Dr. Willi H. Hager
Philippe-Gaspard Gauckler (1826-1905) und sein Lebenswerk
- 02.05.2011 Christian Auel
Sedimentumleitstollen
- 09.05.2011 Lukas Vonwiller
Breschenbildung an Dämmen kleiner Stauanlagen
- 03.06.2011 Dr. Sameh Ahmad Kantoush, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University
Challenges for reservoir sedimentation and sediment management techniques
- 10.06.2011 Dr. Ismail Albayrak, University of Aberdeen
The physical mechanisms of drag control by aquatic plants in flowing water at leaf and shoot scales
- 20.06.2011 Darrell Sofield, Topographic Consulter, aMAP, Bellingham, WA, USA
River restoration at Washington State: LiDAR based topographic models, levee setbacks, and large woody debris
- 23.08.2011 Adriano Lais
Modellversuche am Rio Mantaro
- 06.09.2011 Dr. Junke Guo, Assistant Professor of Water Resources Engineering, University of Nebraska-Lincoln, USA
Pier scour and Hager number

b) Herbstsemester

- 10.10.2011 Dr. Joanna Crowe Curran, Assistant Professor of Environmental and Water Resources Engineering, University of Virginia, USA
The effects of clusters and armor on turbulence over a gravel bed river
- 17.10.2011 Nicola Mache
Ablagerungen vor dem Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt

- 24.10.2011 Georg Möller
Einlaufwirbel
- 21.11.2011 Robert Kriewitz
Bauliche Massnahmen zum Fischabstieg
- 28.11.2011 Prof. Dr. Willi H. Hager
Johann Nikuradse (1894-1979): Sein Aufstieg und Absturz in Göttingen
- 30.01.2012 Sarah Simonett
Schwemmholzurückhalt Sihl

3.8 Fachgespräche Glaziologie

a) Frühjahrssemester

- 06.01.2011 Lucas Girard, Geographisches Institut, Universität Zürich
Towards a new modeling framework for sea ice mechanics
- 20.01.2011 Claudia Ryser
What is the temperature of temperate ice?
- 27.01.2011 Dr. Christian Vincent
Dr. Anatoly Legtchenko
Université Joseph Fourier, Grenoble
Intraglacial water reservoir in the glacier de Tête Rousse
- 03.02.2011 Dr. Jérôme Faillettaz
Glacier sliding instabilities and prediction: A new hope
- 17.02.2011 Lea Müller, Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich
Modelling ice and snow melt on Gornergletscher: a study of model robustness and transferability
- 10.03.2011 Silvan Ragettli, Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich
Modelling the runoff regime of the Aconcagua River Basin using a distributed hydrological model: Simulations of glacier and snow melt contributions to streamflow
- 17.03.2011 Pierre Dalban Canassy
On the Triftgletscher tongue instability: Cause and analysis
- 24.03.2011 Dr. Roland Zech, Geologisches Institut, ETH Zürich
Whither the carbon? A terrestrial, critical perspective on atmospheric CO₂ over glacial-interglacial cycles and the permafrost glacial hypothesis

b) Herbstsemester

- 20.10.2011 Simone Fatichi, Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich
Modeling complex snow-vegetation-topography patterns with a physically-based approach
- 01.11.2011 Dr. Andy Aschwanden, Geophysical Institute, University of Alaska
Inferring Greenland's present state from models and observations – The key to the future
- 10.11.2011 Thomas Bosshard, Institut für Atmosphäre und Klima, ETH Zürich
Hydrological climate-impact modelling in the Rhine basin
- 17.11.2011 Claudia Ryser
Subglacial controls of the short term flowdynamics at the margins of the Greenland ice sheet
- 24.11.2011 Maurizio Savina, Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich
The use of a cost-effective X-band weather radar in the Alpine region
- 08.12.2011 Jeannette Gabbi
Ice volume distribution in the Mauvoisin region and implications on glacier fluctuations

3.9 VAW-Ausflüge

- Ski-Weekend in Zermatt
25.-27.03.2011, 25 Teilnehmer
- Jahresausflug nach Braunwald mit Panoramawanderung
26.08.2011, 28 Teilnehmer

4. PERSONELLES

Dienstjubiläen

Lörtscher, Roger	10 Jahre	01.03.2011
Zimmermann, Bruno	15 Jahre	01.10.2011
Bauder, Andreas	15 Jahre	01.11.2011
Rohrer, Andreas	15 Jahre	01.11.2011

Eintritte

Walter, Fabian Thomas	Postdoktorierender	01.02.2011
Abbi, Saurabh	wiss. Mitarbeiter	01.04.2011
Morach, Stephanie	wiss. Mitarbeiterin	01.09.2011
Moser, Mario	Elektronik und IT	01.09.2011
Nicolay, Oliver	wiss. Mitarbeiter	01.09.2011
Sauter, Nico	wiss. Mitarbeiter	01.09.2011
Albayrak, Ismail	wiss. Mitarbeiter	01.10.2011
Marending, Arthur	techn. Mitarbeiter	01.12.2011
Ziller, Annette	wiss. Mitarbeiterin	01.12.2011
Hartinger, Stephan	Praktikant	18.07.2011 bis 09.09.2011
Rücker, Andrea	Praktikantin	22.08.2011 bis 31.12.2011

Austritte

Riesen, Patrick	wiss. Mitarbeiter	31.03.2011
Kallen-Brown, Jedediah	wiss. Mitarbeiter	30.04.2011
Abbi, Saurabh	wiss. Mitarbeiter	31.07.2011
Eberle, Werner	techn. Mitarbeiter	31.08.2011 (Pensionierung)
Cuche, Bernard Claude	IT-Mitarbeiter	30.09.2011 (Pensionierung)
Rinderer, Karin	admin. Mitarbeiterin	30.09.2011

Promotionen

Riesen, Patrick	Variations of the surface ice motion of Gornergletscher during drainages of the ice-dammed lake Gornersee
Diss. ETH	19642
Referent	Prof. Dr. Martin Funk
Korreferenten	Prof. Dr. Kolumban Hutter Prof. Dr. Alexander Puzrin Prof. Leslie W. Morland
Kallen-Brown, Jedediah	Computational methods for ice flow simulation with application to Jakobshavn Isbræ
Diss. ETH	19948
Referent	Prof. Dr. Martin Funk
Korreferenten	Prof. Dr. Wolfgang Kinzelbach Prof. Ed Bueler Dr. Barry F. Smith Dr. Martin Lüthi
Schmocker, Lukas	Hydraulics of dike breaching
Diss. ETH	19983
Referent	Prof. Dr. Robert Boes
Korreferenten	Prof. Dr. Yves Zech Prof. Dr. Willi H. Hager
Vetsch, David	Numerical simulation of sediment transport with meshfree methods
Diss. ETH	20037
Referent	Prof. Dr. Robert Boes
Korreferenten	Prof. Dr. Peter Rutschmann Dr. Florian Fleissner Dr. Roland Fäh
Ehrungen	
Fuchs, Helge	Best Paper Presentation am 34th IAHR World Congress in Brisbane, Australien
Hager, Willi H.	Hong Kong University of Science and Technology, Environmental Hydraulics Visiting Fellowship as Lifetime Achievement Award
Lucas, Jill	IM-Preis der Ingegneria Maggia SA für die Masterarbeit "Einfluss von vorbelüftetem Zufluss auf Schussrinnenbelüfter"
Ryser, Claudia	Best oral presentation am 9th Swiss Geoscience Meeting der Schweizerischen Gesellschaft für Schnee, Eis und Permafrost

ANHANG

A.1 Grundlagenforschung

Hydraulik

Projekte Hydraulik

Air transport downstream of chute aerators

Dike overtopping

Hydraulics of dike breaching

Impulse waves – run-up with overland flow

Curvature effects in free surface flows

History of Hydraulics

Konstruktiver Wasserbau

Projekte Konstruktiver Wasserbau

Air entraining vortices at intakes

Layout and design of sediment bypass tunnels

Optimizing hydroabrasive-resistant materials at sediment bypass tunnels and hydraulic structures

Measures to facilitate safe downstream fish migration at large Central-European rivers

Suspended load monitoring and wear of Pelton turbines

Flussbau

Projekte Flussbau

Flussaufweitungen – Analyse der übergeordneten Auswirkungen auf den Geschiebehalt und den Hochwasserschutz mittels numerischer Modellierung

Aufgelöste unstrukturierte Blockrampen

Automatische Objekterkennung zur optimierten Bestimmung von Kornverteilungskurven

Angewandte Numerik

Projekte Angewandte Numerik

Numerical simulations of bed load transport with meshfree methods

Numerical simulation of dike breaches

Projekte Glaziologie**Glaziologie**

Assessment of climatic change and impacts on the quantity and quality of water (ACQWA), FP7-ENV2007-1

Subglacial controls on the short term dynamics at the margin of the Greenland Ice Sheet

Accelerated release of persistent organic pollutants (POPs) from Alpine glaciers

Future glacier evolution and consequences for the hydrology (NFP61, FUGE)

Glaciological investigations at Glacier du Giétro and Glacier de Corbassière

Glacier outburst floods: A study of the processes controlling the drainage of glacier-dammed lakes

Mass balance studies on Griesgletscher, Silvrettagletscher and Grosser Aletschgletscher

Monitoring changes of Allalingletscher in connection with the danger of large ice falls from its tongue

Swiss glacier monitoring network

Understanding the causes and future direction of the present thinning of Jakobshavn Isbræ, Greenland

A.2 Angewandte Forschung**Aufträge Konstruktiver Wasserbau****Konstruktiver Wasserbau**

Axpo AG, Baden:

Kraftwerk Rüchlig, Hydraulische Modellversuche zum Projekt NERU new design 2010, Dotierwasserkraftwerk mit Fischabstiegs- und Spülkanal (abgeschlossen)

ETH Zürich:

LCA Neubau Supercomputing Center, Beurteilung der Triebwasserleitung für das Kühlsystem (abgeschlossen)

Alpiq Suisse SA:

Forces Motrices Hongrin-Léman S.A., Leistungserhöhung des Pumpspeicherkraftwerks Hongrin-Léman, Beratung zur Entlüftungproblematik in der Unterwasserführung von Veytaux 2 im hydraulischen Kurzschluss (abgeschlossen)

Alpiq Suisse SA:

Forces Motrices Hongrin-Léman S.A., Leistungserhöhung des Pumpspeicherkraftwerks Hongrin-Léman, Hydraulische Modellversuche zur Luftproblematik in der Unterwasserführung von Veytaux 2

Salini Costruttori S.p.A., Italien:

GIBE III Hydroelectric Project, Äthiopien: Beratung zum Mittelauslass der Talsperre

Fortum Generation AB, Schweden:

Trängslet hydropower plant: Hydraulische Modellversuche zur Hochwasserentlastungskaskade des Trängslet-Damms

VERBUND Hydro Power AG, Österreich:

Betonabrasion an Druckschächten von Wasserkraftanlagen (Limberg III und Energiespeicher Riedl) infolge hydroabrasiven Verschleisses; Machbarkeitsstudie für Modellversuche (abgeschlossen)

Vorarlberger Illwerke AG, Österreich:

Obervermuntwerk II: Hydraulische Beurteilung der Luftproblematik infolge der kontinuierlichen Zugabe von Luft beim Teillastbetrieb der Turbinen

Aufträge Konstruktiver Wasserbau

Flussbau

Bundesamt für Umwelt (BAFU):

Flussbauliches Monitoring am neuen Flaz

Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich:

Flussbauliches Monitoring zum Projekt "Dynamisierung Töss, mittlere Aue"

Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich:

Schwemmholtzrückhalt Sihl, Standort Rütiboden – Hydraulische Modellversuche

Einwohnergemeinde Alpnach:

Beratungsmandat für das Projekt Schwemmholtzrückhalt Chlewigen an der Kleinen Schliere bei Alpnach (abgeschlossen)

Einwohnergemeinde Alpnach:

Hydraulische Modellversuche zum Schwemmholtzrückhalt Chlewigen an der Kleinen Schliere

Gemeinde Engelberg:

Geschiebe- und Holtzrückhalt Bannwald, Engelberger Aa – Hydraulische Modellversuche (abgeschlossen)

Kanton Luzern, Abteilung für Verkehr und Infrastruktur (vif):

Hydraulische Modellversuche Reusszopf

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe

Begleitung und Analyse fotooptischer Unterwasseraufnahmen von Flusssohlen

Aufträge Flussbau

Aufträge Angewandte Numerik

Angewandte Numerik

Bundesamt für Umwelt (BAFU):

BASEMENT II im Rahmen des interdisziplinären Projekts "Integrales Flussgebietsmanagement"

Internationale Rheinregulierung:

Alpenrhein – Nachhaltiger Hochwasserschutz innerhalb der Dämme, Machbarkeitsstudie (abgeschlossen)

Internationale Rheinregulierung:

Alpenrhein – Numerische Simulation der Mündungsentwicklung (abgeschlossen)

Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich:

Breschenbildung an Dämmen kleiner Stauanlagen im Kanton Zürich (abgeschlossen)

Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt AG:

Kompositmodell zur hydraulischen Optimierung der Turbinenanstromung und der Sedimentablagerungen vor dem Maschinenhaus (abgeschlossen)

Internationale Rheinregulierung:

Expertenmandat im Rahmen des Projekts "Schwebstoffeintrag in den Bodensee"

Internationale Rheinregulierung:

Machbarkeitsstudie zur Modellierung der langfristigen Entwicklung der Vorstreckung und deren Auswirkungen auf den Bodensee

Zech Kies GmbH:

Kiesentladestelle Alpenrhein: Numerische Simulation zur Beurteilung der Auswirkung auf die Stabilität des Vorstreckungskanals

Glaziologie

Aufträge Glaziologie

Kraftwerk Aegina AG, Ulrichen, durch Maggia Kraftwerke AG, Locarno: Überwachung des Griesgletschers

Forces Motrices de Mauvoisin SA, Sion:

Fragen im Zusammenhang mit der Sicherheit der Stauanlage Mauvoisin in Bezug auf Gletscherstürze und Massenhaushalt des Glacier du Giéto

Kraftwerk Mattmark AG, Sion:

Untersuchung der hydrologischen und glaziologischen Verhältnisse im Mattmarkgebiet

Gemeinde Saas Fee:

Othmarhang: Glaziologische Abklärungen im Zusammenhang mit einem Staubecken

Kanton Bern:

Sicherheitsfragen im Zusammenhang mit einem pro-glazialen See vor dem Triftgletscher

Bundesamt für Umwelt (BAFU):

Untersuchung der Veränderungen der Gletscher und ihrer Abflüsse an bedeutenden Gletschern der Schweiz im Rahmen des Projekts CCHydro

Kanton Wallis:

Mitwirkung im Projekt "Sektorielle Studie zum Einfluss der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung im Kanton Wallis" (abgeschlossen)

Region Aosta (Italien):

Beratung bei Gletschergefahren

Kanton Bern:

Glaziologische Untersuchungen im Zusammenhang mit der Bildung von pro-glazialen Seen an der Plaine Morte

Alpiq SA:

Hydrologische Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Gletscherrückgang

Aufträge Glaziologie

A.3 Kommissions- und Expertentätigkeit, Mitgliedschaften, Gutachtertätigkeit

Schweizerische Gesellschaft für Schnee, Eis und Permafrost (SCNAT), Vorstand

Bauder, Andreas

Gruppe für operationelle Hydrologie (GHO, BAFU), Mitglied

Working Group on Mass Balance Terminology and Methods of the International Association of Cryospheric Sciences (IACS/IUUG), Mitglied

Arbeitsgruppe Gletscher der Expertenkommission für Kryosphärenmessnetze (EKK/SCNAT), Mitglied

Geografischer Annaler, Gutachter

Arctic, Antarctic and Alpine Research, Gutachter

Journal of Glaciology, Gutachter

Schweizerisches Talsperrenkomitee, Mitglied

Boes, Robert

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Mitglied

Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Mitglied

International Association of Hydraulic Research (IAHR), Mitglied

Boes, Robert

Technische Kommission des Schweizerischen Talsperrenkomitees, Mitglied

Kommission Hochwasserschutz (KOHS) des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbands, Mitglied

Expertengruppe Hochwasserschutzprojekt Alpenrhein, Mitglied

Panel Trängslet Dam Safety Evaluation 2011, Mitglied

Panel Research Council of Norway, RENERGI program, Mitglied

Beirat Fachzeitschrift "Wasserwirtschaft", Mitglied

Editorial Board International Water Power and Dam Construction Journal, Mitglied

Berufungskommission Professur Risk and Safety, Mitglied

Wahlvorbereitungskommission Professur Grundwasser und Hydro-mechanik, Mitglied

Kuratorium Baubetriebs-Förderungspreis, Mitglied

Projektorganisation Neubau HIA, Mitglied Projektsteuerung

Local Organizing Committee for the 2011 Annual Meeting of the International Commission on Large Dams (ICOLD), Mitglied

Scientific Committee, International Urban Flood Risk Management Conference, Mitglied

Scientific Committee, European IAHR Congress 2012, Mitglied

Scientific Committee, IAHR Hydraulic Structures Conference 2012, Mitglied

Journal of Hydraulic Research, Gutachter

Journal of Hydraulic Engineering, Gutachter

Sustainability - Open Access Journal, Gutachter

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Korreferent

Technische Universität Graz, Korreferent

Fäh, Roland

Steuerungskomitee Integrales Flussgebietsmanagement, Mitglied

Fachgremium Schwebstoffuntersuchung Bodensee, Alpenrhein, Bregenzerache, Mitglied

Journal of Hydraulic Engineering, Gutachter

Funk, Martin

International Glaciological Society, Vorstand

Centre for Climate System Monitoring (C2SM), Mitglied

GeoRisk Commission of the International Council of Scientific Unions (ICSU), Mitglied

Arbeitsgruppe Gletscher der Expertenkommission für Kryosphären-messnetze (EKK/SCNAT), Vorstand

Kommission für den hydrologischen Atlas der Schweiz, Mitglied	Funk, Martin
Expertengruppe bei Bergunfällen, Schweizerischer Bergführerverband, Mitglied	
Berufungskommission Professur für Geodäsie und Photogrammetrie, Mitglied	
Journal of Geophysical Research, Gutachter	
Journal of Glaciology, Gutachter	
Université de Neuchâtel, Korreferent	
Wahlvorbereitungskommission Professur Grundwasser und Hydro-mechanik, Mitglied	Hager, Willi H.
American Society of Civil Engineers (ASCE), Fellow	
International Association for Hydraulic Research, Mitglied	
Wahlkommission Nachfolge Prof. Yves Zech, Mitglied und Gutachter	
Projektorganisation Neubau HIA, Mitglied Projektsteuerung	Lais, Adriano
Schweizerische Gesellschaft für Schnee, Eis und Permafrost (SCNAT), Vorstand	Lüthi, Martin
Naturforschende Gesellschaft des Kantons Schwyz, Vorstand	
International Arctic Science Committee (IASC), Vorstand	
Kommission für Polar- und Höhenforschung der Schweizerischen Gesellschaft für Schnee, Eis und Permafrost (SCNAT), Vorstand	
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Gutachter	
National Science Foundation, Gutachter	
Swiss Academy of Sciences, Gutachter	
The Cryosphere, Gutachter	
Journal of Glaciology, Gutachter	
Journal of Geophysical Research, Gutachter	
Journal of Oceanography and Limnology, Gutachter	
Scientific Committee International Symposium on Shallow Flows, Mitglied	Weitbrecht, Volker
Competence Center Environment and Sustainability (CCES), Projekt "RECORD Catchment", Mitglied	
Journal of Hydraulic Research, Gutachter	

A.4 Publikationen

Auel, C.; Boes, R.: Sediment bypass tunnel design. Hydraulic model tests. *Proceedings of Hydro 2011 "Practical solutions for a sustainable future"* Prag: No. 29.03

Auel, C.; Boes, R.: Sediment bypass tunnel design. Review and outlook. *Proceedings of the International ICOLD Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges* Lucerne: 403-412

Auel, C.; Boes, R.; Ziegler, T.; Oertli, C.: Design and construction of the sediment bypass tunnel at Solis. *The International Journal on Hydropower and Dams* 18(3): 62-66

Bauder, A.; Huss, M.; Lüthi, M.: Klimaschwankungen und Gletscherveränderungen. *Geosciences Actuel* 2: 25-28

Bauder, A.; Ryser, C. (eds.): The Swiss glaciers 2005/06 and 2006/07. *Glaciological Report* 127/128; Publication of the Cryospheric Commission (EKK) of the Swiss Academy of Science (SCNAT)

Berchtold, T.; Pfister, M.: Measures to reduce dynamic plunge pool pressures generated by a free jet. *Proceedings of the International ICOLD Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges* Lucerne: 693-700

Berchtold, T.; Pfister, M.: Kárahnjúkar Dam spillway, Iceland: Swiss contribution to reduce dynamic plunge pool pressures generated by a high-velocity jet. *Dams in Switzerland: Source for worldwide Swiss dam engineering* 315-320, ISBN 978-3-85545-158-6

Berchtold, T.; Weitbrecht, V.; Vetsch, D.; Boes, R.: Numerical modelling of bed level evolution in a channel enlargement. *Proceedings of the 7th IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics* Beijing: 1425-1435

Bernasconi, S.; Bauder, A. et al.: Chemical and biological gradients along the Damma Glacier Soil Chronosequence, Switzerland. *Vadose Zone Journal* 10(3): 867-883

Boes, R.: Nachhaltigkeit von Talsperren angesichts der Stauraumverlandung. *Mitteilung 164, Lehrstuhl und Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, RWTH Aachen (H. Schüttrumpf, ed.)* Aachen: 161-174

Boes, R.: Potenziale und Grenzen der Wasserkraft. Was bringen Anlagenoptimierungen? *Natur und Mensch* 53(4): 24-28

Boes, R.: Schutz und Nutzung der Gewässer – quo vadis? *Wasserwirtschaft* 101(9): 3

Boes, R. (ed.): Festkolloquium WHH – Wasserbau, Hydraulik, Hydrologie. *VAW-Mitteilung* 217

Boes, R.; Hiller, P.; Killingtveit, A.: Visual effects of waterfalls affected by water diversion. *Proceedings of the 34th IAHR World Congress "Balance and uncertainty – Water in a changing world"* Brisbane: 2760-2767

Castro-Orgaz, O.; Hager, W.H.: Turbulent near-critical open channel flow: Serre's similarity theory. *Journal of Hydraulic Engineering* 137(5): 497-503

Castro-Orgaz, O.; Hager, W.H.: Joseph Boussinesq and his theory of water flow in open channels. *Journal of Hydraulic Research* 49(5): 569-577

Castro-Orgaz, O.; Hager, W.H.: Spatially-varied open channel flow equations with vertical inertia. *Journal of Hydraulic Research* 49(5): 667-675

Castro-Orgaz, O.; Hager, W.H.: Observations on undular hydraulic jump in movable bed. *Journal of Hydraulic Research* 49(5): 689-692

Castro-Orgaz, O.; Hager, W.H.: Vorticity equation for the streamline and the velocity profile. *Journal of Hydraulic Research* 49(6): 775-783

Dalban Canassy, P.; Bauder, A.; Dost, M.; Fäh, R.; Funk, M.; Margreth, S.; Müller, B.; Sugiyama, S.: Hazard assessment investigations due to recent changes in Triftgletscher, Bernese Alps, Switzerland. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 11(8): 2149-2162

Detert, M.; Weitbrecht, V.: Automatische Objekterkennung zur Bemessung der Korngrößenverteilung von Flusssohlen. *Tagungsband 14. Gewässermorphologisches Kolloquium "Dynamik des Sedimenthaushaltes von Wasserstrassen"* Koblenz: 3-12

Fäh, R.: Hochwassermodellierung: Einfluss des Sedimenttransports. *Kursunterlagen für Zertifikatslehrgang ETH in Angewandten Erdwissenschaften "Objektschutz bei Naturgefahren"*, Zürich (2011)

Fäh, R.; Müller, R.; Rousselot, P.; Vetsch, D.; Volz, C.; Vonwiller, L.; Veprek, R.; Farshi, D.: System Manual of BASEMENT Version 2.2 Zürich (2011) <http://basement.ethz.ch>

Faillietaz, J.; Funk, M.; Sornette, D.: Icequakes coupled with surface displacements for predicting glacier break-off. *The Journal of Glaciology* 57(203): 453-460

Faillietaz, J. Sornette, D.; Funk, M.: Numerical modeling of a gravity-driven instability of a cold hanging glacier. Reanalysis of the 1895 break-off of Altelsgletscher, Switzerland. *The Journal of Glaciology* 57(205): 817-831

Farinotti, D.; Bauder, A.; Funk, M.: Veränderung der Gletscher und ihrer Abflüsse 1900-2100. Fallstudien Gornergletscher und Mattmark. *Wasser Energie Luft* 103(4): 273-277

Farinotti, D.; Bauder, A.; Funk, M.: Gletscherrückgang – Bleibt noch genügend Wasser für die Wasserkraftnutzung? *Natur und Mensch* 53(4): 21-23

Farinotti, D.; Bauder, A.; Boes, R.; Huss, M.; Juvet, G.; Widmer, F.: Future glacier evolution and impact on the runoff regime in the catchments of Alpine reservoirs. The Aletsch area, Switzerland. *Proceedings of the International ICOLD Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges* Lucerne: 449-458

Farinotti, D.; Bauder, A.; Huss, M.; Juvet, G.; Widmer, F.; Boes, R.: Future glacier evolution and impact on the runoff regime in the catchments of Alpine reservoirs. The Aletsch area, Switzerland. *Dams in Switzerland: Source for worldwide Swiss dam engineering* 283-289, ISBN 978-3-85545-158-6

Fuchs, H.; Boes, R.; Pfister, M.: Impulse waves at Kühtai reservoir generated by avalanches and landslides. *Proceedings of the International ICOLD Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges* Lucerne: 701-708

Fuchs, H.; Hager, W.H.: Experimental investigation of impulse wave run-up and overland flow. *Proceedings of the 34th IAHR World Congress "Balance and uncertainty – Water in a changing world"* Brisbane: 904-911

Fuchs, H.; Pfister, M.; Boes, R.; Perzmaier, S.; Reindl, R.: Impulswellen infolge Lawineneinstoss in den Speicher Kühtai. *Wasserwirtschaft* 101(1-2): 54-60

- Granata, F.; de Marinis, G.; Gargano, H.; Hager, W.H.: Performance of circular drop manholes in ventilation absence. *Proceedings of the 34th IAHR World Congress "Balance and uncertainty – Water in a changing world"* Brisbane: 2444-2451
- Granata, F.; de Marinis, G.; Gargano, H.; Hager, W.H.: Hydraulics of circular drop manholes. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 137(2): 102-111
- Hager, W.H.; Pfister, M.: Historical development of side-channel spillway in hydraulic engineering. *Proceedings of the 34th IAHR World Congress "Balance and uncertainty – Water in a changing world"* Brisbane: 3906-3913
- Heller, V.; Hager, W.H.: Wave types of landslide generated impulse waves. *Ocean Engineering* 38(4): 630-640
- Hiller, P.; Steffen, K.; Boes, R.; Killingtveit, A.: Determining minimal residual flow at waterfalls used for hydropower. *The International Journal on Hydropower and Dams* 18(4): 76-82
- Hoelzle, M.; Darms, G.; Lüthi, M.; Suter, S.: Evidence of accelerated englacial warming in the Monte Rosa area, Switzerland/Italy. *The Cryosphere* 5(1): 231-243
- Jouvet, G.; Huss, M.; Funk, M.; Blatter, H.: Modelling the retreat of Grosser Aletschgletscher, Switzerland, in a changing climate. *The Journal of Glaciology* 57(206): 1033-1045
- Jouvet, G.; Picasso, M.; Rappaz, J.; Huss, M.; Funk, M.: Modelling and numerical simulation of the dynamics of glaciers including local damage effects. *Mathematical Modelling of Natural Phenomena* 6(5): 263-280
- Keller, A.; Hutter, K.: On the thermodynamic consistency of the equivalence principle in continuum damage mechanics. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 59(5): 1115-1120
- Magnusson, J.; Farinotti D.; Jonas, T.; Bavay, M.: Quantitative evaluation of different hydrological modelling approaches in a partly glacierized Swiss watershed. *Hydrological Processes* 25(13): 2071-2084
- Margreth, S.; Faillettaz, J.; Funk, M.; Vagliasindi, M.; Diotri, F.; Broccolato, M.: Safety concept for hazards caused by ice avalanches from the Whympfer hanging glacier in the Mont Blanc Massif. *Cold Regions Science and Technology* 69(2-3): 194-201
- Möller, G.; Boes, R.; Theiner, D.; Fankhauser, A.; Daneshvari, M.; de Cesare, G.; Schleiss, A.: Hybrid modeling of sediment management during drawdown of Räterichsboden reservoir. *Proceedings of the International ICOLD Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges* Lucerne: 421-428
- Paul, F.; Bauder, A.; Marti, C.; Nötzli, J.: Schnee, Gletscher und Permafrost 2009/10. Kryosphärenbericht der Schweizer Alpen. *Die Alpen* 87(7): 46-52
- Paul, F.; Bauder, A.; Marti C.; Nötzli, J.: Neige, glaciers et pergélisol 2009/10. Rapport cryosphérique des Alpes suisses. *Les Alpes* 87(7): 46-52
- Pfister, M.; Lucas, J.; Hager, W.H.: Effect of pre-aerated approach flow on deflector-generated jets. *Proceedings of the 34th IAHR World Congress "Balance and uncertainty – Water in a changing world"* Brisbane: 2554-2561

- Pfister, M.; Lucas, J.; Hager, W.H.: Chute Aerators: Preaerated approach flow. *Journal of Hydraulic Engineering* 137(11): 1452-1461
- Pfister, M.; Rühli, E.: Junction flow between drop shaft and diversion tunnel in Lyss, Switzerland. *Journal of Hydraulic Engineering* 137(8): 836-842
- Pickert, G.; Weitbrecht, V.; Bieberstein, A.: Breaching of overtopped river embankments controlled by apparent cohesion. *Journal of Hydraulic Research* 49(2): 143-156
- Riesen, P.: Variations of the surface ice motion of Gornergletscher during drainages of the ice-dammed lake Gornersee. *VAW-Mitteilung* 216
- Riesen, P.; Strozzi, T.; Bauder, A.; Wiesmann, A.; Funk, M.: Short-term surface ice motion variations measured with a ground-based portable real aperture radar interferometer. *The Journal of Glaciology* 57(201): 53-60
- Schmocker, L.: Hydraulics of dike breaching. *VAW-Mitteilung* 218
- Schmocker, L.: Auf Du und Du mit dem Deichbruch. Tagungsband Festkolloquium WHH – Wasserbau, Hydraulik, Hydrologie. *VAW-Mitteilung* 217: 53-68
- Schmocker, L.; Rühli, E.; Weitbrecht, V.; Boes, R.; Mayor P.A.; Springman, S.M.: Design and hydraulic modelling of a fuse plug spillway. *Proceedings of the International ICOLD Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges* Lucerne: 669-676
- Schmocker, L.; Hager, W.H.: Optical visualization of spatial dike breach profiles due to overtopping erosion. *Proceedings of the 34th IAHR World Congress "Balance and uncertainty – Water in a changing world"* Brisbane: 396-403
- Schmocker, L.; Hager, W.H.: Probability of drift blockage at bridge decks. *Journal of Hydraulic Engineering* 137(4): 470-479
- Schmocker, L.; Halldorsdottir, B.; Hager, W.H.: Effect of weir face angles on circular-crested weir flow. *Journal of Hydraulic Engineering* 137(6): 637-643
- Simonett, S.; Weitbrecht, V.; Boes, R.: Physical model study on sediment transport in two merging mountain streams. *Proceedings of the International Symposium UFRIM Urban Flood Risk Management "Approaches to enhance resilience of communities"* Graz: 95-100
- Tamagni, S.; Weitbrecht, V.; Boes, R.: Stability and ecological functionality of unstructured block ramps. *Proceedings of the Euromech colloquium 523 "Ecohydraulics: Linkages between hydraulics, morphodynamics and ecological processes in rivers"* Clermont-Ferrand: 137-142
- Vetsch, D.; Rousselot, P.; Fäh, R.: Flussgebietsmodellierung mit der Simulationssoftware BASEMENT. *Wasser Energie Luft* 103(4): 313-319
- Vischer, D.: Wasser in den Adern. Tagungsband Festkolloquium WHH - Wasserbau, Hydraulik, Hydrologie. *VAW-Mitteilung* 217: 1-6
- Vonwiller, L.; Volz, C.; Boes, R.: Numerical simulation of small earthfill dam breaching. *Proceedings of the International Symposium UFRIM Urban Flood Risk Management "Approaches to enhance resilience of communities"* Graz: 357-362
- Weitbrecht, V.; Seol, D.; Negrett, E.; Detert, M.; Kühne, G.; Jirka, G.: PIV measurements in environmental flows: Recent experiences at the Institute for Hydromechanics in Karlsruhe. *Journal of Hydro-Environmental Research* 5(4): 231-245

A.5 Die VAW in den Medien

a) Artikel von VAW-Mitarbeitern

- | | |
|--|---|
| Farinotti, Daniel
Bauder, Andreas
Funk, Martin | Einfluss der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung vergletscherter Einzugsgebiete. ESC-News, Newsletter des Energy Science Center der ETH Zürich, Ausgabe Oktober 2011, S. 3 |
| Felix, David
Boes, Robert | Turbinenabrasion durch Feinsedimente im Triebwasser. ESC-News, Newsletter des Energy Science Center der ETH Zürich, Ausgabe Oktober 2011; S. 6 |
| Kriewitz, Robert
Boes, Robert | Massnahmen zur Gewährleistung eines schonenden Fischabstiegs. ESC-News, Newsletter des Energy Science Center der ETH Zürich, Ausgabe Oktober 2011; S.4 |
| Kriewitz, Robert
Lucas, Jill
Lais, Adriano
Boes, Robert | Hongrin Léman – Hydraulische Modellversuche zum Pumpspeichersystem Veytaux 2. ESC-News, Newsletter des Energy Science Center der ETH Zürich, Ausgabe Oktober 2011; S. 5 |
| Möller, Georg
Detert, Martin
Boes, Robert | Luftetragsrate in Drucksysteme von Wasserkraftanlagen infolge Einlaufwirbel. ESC-News, Newsletter des Energy Science Center der ETH Zürich, Ausgabe Oktober 2011; S. 7 |
| Boes, Robert | Willi H. Hager feiert 60. Geburtstag. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 5-6/2011, S. a9-a10 |
| Boes, Robert | Willi H. Hager feiert 60. Geburtstag. Wasserwirtschaft, 7-8/2011, S. 98-99 |

b) Artikel über die VAW und ihre Arbeit

- | | |
|--------------------------|---|
| Kalaugher, Liz | Blocks and springs technique analyses glacier break-off. In: http://environmentalresearchweg.org/blog/2011/04/blocks-and-springs-technique-a.html , 04.04.2011 |
| Kuhn, Daniela | Auf Grönlands schmelzendem Eis. Horizonte, Ausgabe Dezember 2011, S. 16-17 |
| Mägli, Tabea | Physikalische Modelltests für Hochwasserschutz. In: Emmenmail, Ausgabe Oktober 2011 |
| Marinka, Claudia | Unsere Gletscher schmelzen noch schneller. In: Der Sonntag, 04.12.2011 |
| Pfister, Patrizia | Expedition zu den ewigen Gletschern Grönlands. In: Einsiedler Anzeiger, 25.08.2011 |

- Forscher simulieren Hochwasser – Ernstfall wird im Labor simuliert.
In: Luzerner Zeitung, 25.10.2011 **Schläpfer, Dave**
- Icequakes warn of avalanche risk: Listening to ice allows early forecast of glacier crack-ups. In: http://sciencenews.org/view/generic/id/67056/title/Icequake_swarms_potend_some_avalanches, 01.01.2011 **Vecallos, Marissa**
- Medienmitteilung SCNAT "Schweizer Gletscher weiter geschrumpft", erschienen in 30 Medien (Print- und Onlinezeitungen, Radio, Fernsehen), 25.03.2011 **Diverses**
- Luft ablassen. Zum Projekt Hongrin-Léman – Hydraulische Modellversuche zum Pumpspeicherkraftwerk Veytaux 2. In: ETH Globe 04/2011
- c) Medienauftritte**
- Interview zu den Auswirkungen des wechselhaften Sommers auf die Gletscher. Radio 1, 10.08.2011 **Bauder, Andreas**
- Interview zum Giesengletscher. ARD, 11.10.2011
- Trügerisches Gletscherwachstum. In: Einstein – das Wissensmagazin, 27.10.2011
- News. Tele Südostschweiz, 06.12.2011
- Interview von Michael Staub für Kommunalmagazin, Bericht über Pumpspeicherkraftwerke, 06/2011 **Boes, Robert**
- Interview von Elena Ibello für UnternehmerZeitung, Bericht über (Pumpspeicher-)Wasserkraft
- diverse Interviews für Zeitungen zum Thema Ausbau der Schweizerischen Wasserkraft
- Interviews zum Giesengletscher. SF DRS, Tagesschau und 10 vor 10, 04.10.2011 **Funk, Martin**
- Interview zu "Fukushima und die Schweiz", SF DRS, 15.02.2011 **Hager, Willi H.**
- Das Geheimnis der Gletscher. In: Die Welt am Sonntag, 39.01.2011 **Lüthi, Martin**
- Gefährdeter Forellennachwuchs. In: Einstein – das Wissensmagazin, 22.12.2012 **Weitbrecht, Volker**
- Interview von Catherine Boss und Pascal Tischhauser für Die SonntagsZeitung, Bericht über das AKW Mühleberg, 03.07.2011
- Interview von Philippe Müller für die Bernerzeitung, Bericht über das AKW Mühleberg, 30.06.2011

A.6 Vorträge

- Auel, Christian** *Sediment bypass tunnel design – Hydraulic model tests.* Hydro 2011 Conference "Practical solutions for a sustainable future", Prag, 19.10.2011
- Berchtold, Thomas** *Numerical modelling of bed level evolution in a channel enlargement.* 7th IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, Peking, 07.09.2011
- Boes, Robert** *Wie nachhaltig sind unsere Talsperren angesichts der Staauraumverlandung?* 41. Internationales Wasserbau-Symposium Aachen (IWASA), Aachen, 12.01.2011
- Sustainability of reservoirs and passability for sediments at dam structures.* Eawag seminar series "Aquatic ecosystems without boundaries: Connections across ecosystems", Kastanienbaum, 07.03.2011
- Wasser nutzen – vor Wasser schützen.* ETH Veranstaltungsreihe "Treffpunkt Science City", Zürich, 20.03.2011
- Sedimente an Wasserkraftanlagen – Neueste Forschungen für eine nachhaltige Wasserkraftnutzung.* Symposium "Wasserkraft für Europa" der Arbeitsgemeinschaft Alpine Wasserkraft, Trier, 16.09.2011
- Zukunft Alpenrhein – Machbarkeitsuntersuchung der Varianten 1-7.* Informationsveranstaltung der Internationalen Rheinregulierung zum Hochwasserschutzprojekt, Lustenau, 14.11.2011
- Sediments, desilting and turbine wear – research projects and perspective of VAW, Switzerland.* Sediment Research and Development Workshop of SN Power (a Statkraft and Norfund joint venture), Oslo, 16.11.2011
- Sedimentation of Alpine reservoirs and possible counter measures.* International Workshop on Sediment Transport of the Platform Water Management in the Alps (a platform within the Alpine Convention), Wien, 16.12.2011
- Dalban Canassy, Pierre** *Study of the retreat of a lake-calving glacier terminus, Triftgletscher.* Swiss Geoscience Meeting, Zürich, 11.11.2011
- Detert, Martin** *Fotooptische Analyse von Flusssohlen mittels automatischer Objekterkennung.* Internes Kolloquium der Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, 01.06.2011
- Automatische Objekterkennung zur Bestimmung der Korngrößenverteilung von Flusssohlen.* 14. Gewässermorphologisches Kolloquium "Dynamik des Sedimenthaushaltes von Wasserstrassen", Koblenz, 09.11.2011
- Automatische Objekterkennung zur Korngemetrievermessung von Kiessohlen.* Gesinus-Treffen an der Universität der Bundeswehr, München, 08.09.2011

Hochwassermodellierung: Einfluss des Sedimenttransports. Zertifikatslehrgang ETH in Angewandten Erdwissenschaften "Objektschutz bei Naturgefahren", Zürich, 15.02.2011

Fäh, Roland

Der Alpenrhein im numerischen Modell: Einfluss von Hochwasserschutzmassnahmen auf die Entwicklung der Flusssohle. Seminar "Geschiebehaushalt in Fliessgewässern – Forschungsgrundlagen und Strategien zur Umsetzung der neuen Gewässerschutzgesetzgebung" der Schweizerischen Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie, Birmensdorf, 17.06.2011

Nachhaltiger Hochwasserschutz auf der Flussstrecke der Internationalen Rheinregulierung. 244. Tagung der Gemeinsamen Rheinkommission, Bern, 22.06.2011

Climate warming and stability of cold hanging glaciers. Lessons from the gigantic 1895 Altels break-off. General Assembly 2011 of the European Geosciences Union, Wien, 04.04.2011

Faillettaz, Jérôme

Glacier sliding instability and prediction: a new hope. Swiss Geoscience Meeting, Zürich, 11.11.2011

Effects of climate change on the hydrology of high-alpine catchments - Projections for selected basins in the Swiss Alps based on ENSEMBLES scenarios. 25th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, Melbourne, 02.07.2011

Farinotti, Daniel

Veränderungen der Gletscher und der Gletscherabflüsse in den Gebieten Mattmark und Gorner. Tagung "Einfluss der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung" des Geographischen Instituts der Universität Bern, der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft und des Netzwerks Wasser im Berggebiet, Visp, 08.09.2011

Experimental investigation of impulse run-up and overland flow. 34th IAHR World Congress "Balance and Uncertainty – Water in a Changing World", Brisbane, 27.06.2011

Fuchs, Helge

Icequakes coupled with surface displacements for predicting glacier break-off. International Conference on the Diversity of Research on Geophysical and Environmental Sciences in honor of Prof. Dr. Kolumban Hutter on the occasion of his 70th birthday, Zürich, 18.02.2011

Funk, Martin

Numerical modeling of a gravity-driven instability of a cold hanging glacier: reanalysis of the 1895 break-off of Altelsgletscher. Alpine Glaciology Meeting, München, 25.02.2011

Wasserschlösser aus Eis. ETH Veranstaltungsreihe "Treffpunkt Science City", Zürich, 20.03.2011

Future glacier evolution and consequences for the hydrology. Jahresversammlung Nationales Forschungsprogramm NFP61 "Nachhaltige Wassernutzung", Murten, 31.03.2011 NFP61

- Funk, Martin** *Changements climatiques et conséquences pour nos glaciers.* Alpiq Seminar, Lausanne, 25.05.2011
- Gletscherschwund und Wasserkraft.* Alpiq Seminar, Olten, 20.09.2011
- Gletscherveränderungen und ihre Konsequenzen.* Naturforschende Gesellschaft in Basel, Basel, 07.12.2011
- Gabbi, Jeannette** *Projections for glacier and runoff evolution in the Mauvoisin region until 2100.* Alpine Glaciology Meeting, München, 25.02.2011
- Ice volume distribution in the Mauvoisin region and implications on glacier fluctuations.* Swiss Geoscience Meeting, Zürich, 11.11.2011
- Hager, Willi H.** *State of the Journal of Hydraulic Research.* Meeting of the IAHR Executive Committee, Madrid, 20.02.2011
- Environmental aspects of wastewater hydraulics.* Gerhard H. Jirka Memorial Colloquium on Environmental Fluid Mechanics am Karlsruher Institute of Technology, Karlsruhe, 03.06.2011
- Impulse waves in the laboratory and in the nature.* Colloquium at the Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, 17.06.2011
- Hydraulic experimentation.* The Institution of Engineers, Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, 20.06.2011
- Historical development of side-channel in hydraulic engineering.* 34th IAHR World Congress "Balance and Uncertainty – Water in a Changing World", Brisbane, 29.06.2011
- Impulse waves and mega tsunamis.* Seminar am Dipartimento di Ingegneria Civile der Seconda Università di Napoli, Aversa, 13.10.2011
- Experimentation in hydraulic engineering.* Seminar am Instituto Agricultura Sostenible, Córdoba, 17.11.2011
- Keller, Arne** *Continuum damage mechanics – Constitutive theory and application to calving glaciers.* International Conference on the Diversity of Research on Geophysical and Environmental Sciences in honor of Prof. Dr. Koloman Hutter on the occasion of his 70th birthday, Zürich, 18.02.2011
- Continuum damage mechanics – a thermally-activated approach to damage evolution and application to calving glaciers.* European Science Foundation Micro-DICE Conference "Ice deformation; from the model material to ice in natural environments", Grenoble, 07.11.2011
- Rousselot, Patric** *The basics of BASEMENT.* Meeting der Numerik-Gruppe der Holinger AG, Winterthur, 03.11.2011
- Ryser, Claudia** *Subglacial controls of the short term dynamics at the margins of the Greenland ice sheet: Interaction between subglacial water pressure and ice deformation.* Swiss Geoscience Meeting, Zürich, 11.11.2011

Subglacial controls of the short term dynamics at the margins of the Greenland ice sheet: Interaction between subglacial water pressure and ice deformation. American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, 05.12.2011

Ryser, Claudia

Design and hydraulic modeling of a fuse plug spillway. International ICOLD Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges, Luzern, 01.06.2011

Schmocker, Lukas

Optical visualization of spatial dike breach profiles due to overtopping erosion. 34th IAHR World Congress "Balance and Uncertainty – Water in a Changing World", Brisbane, 27.06.2011

Auf Du und Du mit dem Deichbruch. Festkolloquium WHH – Wasserbau, Hydraulik, Hydrologie, Zürich, 05.09.2011

Aufgelöste unstrukturierte Blockrampen – Stand der Forschung und neueste Erkenntnisse. Burgdorfer Wasserbautagung "Aktueller Flussbau – Minimaler Materialeinsatz durch gezielte Nutzung der Strömungskräfte – Instream River Training", Burgdorf, 10.03.2011

Tamagni, Simona

Stability and ecological functionality of unstructured block ramps. Euromech colloquium 523 "Ecohydraulics: Linkages between hydraulics, morphodynamics and ecological processes in rivers", Clermont-Ferrand, 15.-17.06.2011

Aufgelöste unstrukturierte Blockrampen – Stand der Forschung und neueste Erkenntnisse. Internes Kolloquium der Eawag, Kastanienbaum, 05.07.2011

Variably-saturated flow modeling in embankments using the Lattice-Boltzmann method. 3rd APUNCH Annual Progress Meeting an der ETH Zürich, Zürich, 16.-17.06.2011

Volz, Christian

Numerical simulation of small earthfill dam breaching. International Symposium UFRIM Urban Flood Risk Management "Approaches to enhance resilience of communities", Graz, 21.-23.09.2011

Vonwiller, Lukas

River monitoring with numerical 2D modelling and object detection methods. Eawag River Corridor Restoration Conference, Ascona, 17.03.2011

Weitbrecht, Volker

Unstructured block ramps: Physical model investigations. World's Large Rivers Conference an der Universität für Bodenkultur, Wien, 11.04.2011

Ökologisch-morphologische Erfolgskontrolle bei flussbaulichen Massnahmen mittels Feldaufnahmen und numerischer Modellierung. Praxisorientierte Eawag-Kurse "Erfolgreiche Revitalisierung von Fließgewässern", Dübendorf, 06.10.2011

A.7 Organigramm

